ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR ENGINYERIA
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA DE TEMPERTURA

Titulación: Enginyeria Tècnica Industrial en Electrònica Industrial

AUTOR: Raquel Terol .
DIRECTOR: Alfonso Romero

FECHA: Abril / 2005.

1. ÍNDICE

1.0. ÍNDICE

1. ÍNDICE GENERAL 1
1.0 Índice 2

2. MEMORIA 4
2.1. Introducción 5
2.2. Objeto 5
2.3.conceptos básicos 5
2.4. Instrumentos para la medida de temperatura 6
2.4.1. Termómetros de resistencia general y de platino 6
2.4.1.1 Termómetros de resistencia de platino patrón 8
2.4.1.2 Termómetros de resistencia de platino industriales 8
2.4.1.3 Medida de resistencia de un TRP 9
2.4.1.4 Fuentes de error en la medida de resistencias 9
2.4.1.5 Procedimientos y técnicas de calibración 10
2.4.1.6 Consideraciones generales en la calibración de TRP 11
2.5. Medios isotermos 12
2.6 Procedimiento de calibración 14
2.6.1 Toma de datos 14
2.6.2 Análisis resultados 16
2.6.3 Informe 16
2.7. Lenguaje de programación LabVIEW 16
2.7.1. Por qué LabVIEW? 16
2.7.2. Requerimientos del sistema 17
2.7.3. Introducción al LabVIEW 17
2.8. Equipos utilizados para realizar la calibración 18
2.8.1 Baño Hart Scientific 7320 18
2.8.1.1 Comunicación serie 18
2.8.2 Baño Hart 913AC1 20
2.8.3 Multímetro Keithley 2000 20
2.8.3.1. Comunicación GPIB 20

2.8.4 Patrones Rosemuount ……... 21
2.9. Esquema del montaje 22

2. MEMORIA DE PROGRAMACIÓN 23

3. MANUAL DE USUARIO 59

4. ANEXOS 81

5 BIBLIOGRAFIA .....

2. MEMORIA

2.1 Introducción

Este proyecto se ha realizado en la *Central Nuclear Vandellós II,* allí la temperatura desempeña una función importante. Muchos de los procedimientos que allí se realizan dependen del comportamiento de sus sensores de temperatura, como las RTD's (Pt100), entre otros dispositivos de medida de temperatura. A medida que aumenta la necesidad de exactitud en las mediciones, crece la necesidad de estar seguros de que las lecturas son correctas (que estén dentro de un margen seguro).

Debido a las tensiones físicas y térmicas, los dispositivos de temperatura sufren variaciones de su estado original. Una verificación regular de los instrumentos de medición de temperatura es necesaria para mantener un alto nivel de confianza en las mediciones. Se pueden realizar calibraciones usando varios métodos, teniendo en cuenta que cualquier operación de este tipo requiere fuentes de calor y patrones de referencia.

2.2 Objeto

El objeto de este proyecto es la automatización mediante la herramienta LabVIEW de un proceso de calibración de RTD's (Pt100).

2.3 Conceptos básicos

Temperatura: desde un punto de vista termodinámico, sería " *aquello que tienen en común los sistemas que están en equilibrio térmico"* o *" cantidad inventada para parametrizar el equilibrio térmico"*. La mecánica estadística formaliza y justifica la definición anterior, diciendo que es *"una medida de la agitación térmica en un sistema"*.

Medida de temperatura: para medirla, es necesario poner en contacto térmico (transferencia de calor entre ellos) dos sistemas y esperar el equilibrio. Uno de los sistemas será tal que cierta variable asociada a el, sufra alguna variación fácilmente medible. El valor de tal parámetro será una medida de la temperatura del otro sistema.

Ley "cero" de la Termodinámica: si dos sistemas están, por separado, en equilibrio térmico con un tercero, entonces están en equilibrio térmico entre ellos.
Esta ley es la base para dar sentido a la medida de la temperatura, puesto que si el "tercer" sistema se considera un termómetro, entonces calibrándolo frente al primer sistema, transfiere el valor de temperatura al segundo.

Unidades: La temperatura es una de las magnitudes de base del Sistema Internacional de Unidades *SI*, su unidad es el Kelvin *K* y su definición viene dada por la fracción

1/273.16 de la temperatura termodinámica del Punto Triple del Agua (donde coexisten gas, agua y hielo).
Dado el valor numérico elegido no es muy práctico en muchas ocasiones, éste puede substituirse por el grado Celsius (°C) utilizando la siguiente ecuación.

$$t\,(°C) = T(K) - 273.15$$

De la ecuación anterior, puede deducirse fácilmente que los valores en el punto Triple del Agua son respectivamente 273.16 K y 0.01 °C

2.4 Instrumentos para la medida de temperatura

Debido al amplio margen de temperatura definido por la EIT-90, no existe un único patrón capaz de reproducirla, son necesarios diferentes tipos de sensores y medios isotermos para interpolar entre los distintos puntos fijos que la definen.

Desde la puesta en marcha de la primera Escala Internacional de Temperatura allá por 1927, y sus revisiones de 1948, 1954, 1960, 1968 y por último la EIT-90 que está ahora en uso, se han utilizado diferentes puntos fijos de definición de las Escalas y diferentes patrones de interpolación para definirlas. Termómetros de gas, TRP, termopares, termómetros de radiación, etc. han sido alguno de los patrones de temperatura utilizados.

Dado que las condiciones de estabilidad, pureza y fabricación son muy estrictas para los patrones que las definen, solamente algunos Laboratorios de calibración y algunas industrias con gran peso económico, podrían mantener patrones con esas exigencias, no se podrán cumplir en los sensores de tipo industrial, pero si se pueden encontrar patrones de trabajo que aproximen la EIT-90 a las necesidades industriales con gran precisión y con costos hasta 20 veces inferiores a las exigidas para un Patrón Primario.

Los tipos más comunes de patrones que se utilizan en la medida de temperatura son: termómetros de columna liquido, termómetros de resistencia de Platino, y termopares y desde hace algunos años, termómetros de radiación.

2.4.1 Termómetros de Resistencia general y de Platino (TRP)

Un termómetro de resistencia es un instrumento para medir la temperatura, que consta de un sensor, el cual forma parte de un circuito eléctrico cuya resistencia varia con la temperatura, un elemento donde sujetar el sensor; una pantalla protectora para el sensor y cables conectores que unan el sensor al instrumento de medida, generalmente un puente que nos dará las variaciones de resistencia con la temperatura.

Los sensores utilizados como patrones de trabajo basados en la variación de resistencia con la temperatura pueden dividirse básicamente en dos grupos, detectores de temperatura de resistencia (RTD) y termistores. Los primeros son elementos de circuitos eléctricos formados por conductores sólidos, generalmente tienen la forma de

hilo, y están caracterizados por un coeficiente de resistividad positivo. Los detectores de resistencia de temperatura se fabrican generalmente de Platino, Cobre y Níquel.

a) Sensores de Cobre: se siguen utilizando debido fundamentalmente a su bajo coste y debido también a que presentan una gran linealidad en su relación Resistencia-Temperatura, siendo esta análoga a la de los termómetros de resistencia de Platino:

$$\mathbf{R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2)} \quad \textit{para } t>0°C$$
$$\mathbf{R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2 + C \cdot (t - 100)t^3)} \quad \textit{para } t<0°C$$

El coeficiente lineal con la temperatura es ligeramente superior al de los TRP pero presentan una resistividad más baja, que es un factor negativo para muchas aplicaciones industriales. Tienen también un problema añadido, y es su fácil oxidación a temperaturas moderadas, y además presentan menos estabilidad. Los termómetros de Cobre son óptimos para aplicaciones industriales en el rango de -50 °C hasta los 200 °C.

b) Sensores de Níquel: éstos son otros de los termómetros comúnmente utilizados en la industria, basados en la variación de resistencia con la temperatura, debido sobre todo a su bajo costo, y a su alto coeficiente de temperatura, tiene la desventaja de su poca linealidad, y el hecho de tener una transición de fase metalúrgica alrededor de los 350 °C. Esto último afecta a su resistencia, y limita por tanto su rango de utilización. Su rango más común es de 0 °C hasta 300 °C y aunque no son muy precisos (entre 0,1 °C y 0,3 °C), tienen buena aplicación por su robustez y rápida respuesta.

***c) Sensores de Platino*:** de todos los sensores de temperatura basados en termometría de resistencia, aquel que se utiliza para medidas de la más alta precisión es el de Platino, y ello se debe a varias razones: al ser un metal noble le afectan menos las condiciones ambientales sobre un gran margen de temperatura que a otros metales, puede obtenerse en un grado de pureza muy alto, es resistente a la corrosión y ataques químicos, tiene un alto punto de fusión y es resistente a la oxidación, se mecaniza bien, por tanto es fácilmente reproducible, (se entiende en su fabricación y modelado), y sobre todo porque su relación entre resistencia y temperatura es la más simple de todas las que han sido estudiadas durante muchos años.
Lógicamente, también tiene sus defectos, el principal, poder ser atacado por diferentes sustancias, sobre todo a partir de unos 500 °C, por lo que es muy importante una buena limpieza del sensor antes del ensamblaje del termómetro. Aunque por debajo de 250 °C la contaminación no es un problema, para altas temperaturas puede ocurrir que materiales menos estables que se hayan utilizado durante la fabricación, incluso impurezas que accidentalmente se introdujeron durante el montaje, reaccionen fácilmente con el Platino, e incluso se disuelvan en él.

La más común es la Pt100 (100 ? a 0 °C).

2.4.1.1 Termómetros de Resistencia de Platino Patrón (TRPP).

Los TRP como patrón de interpolación de la EIT-90 deben estar fabricados con platino de alta pureza, montados en el soporte libre de tensiones mecánicas y debe satisfacer los criterios de aceptación de la EIT-90.

El valor típico de las TRP Patrón es de 25,5 O a cero grados Celsius. El elemento sensible está formado por un hilo de Platino muy puro de unos 65 cm de longitud, y unos 0,075 mm de diámetro, se fabrica estirado en frío, pues es más fácil de mecanizar y manejar, se somete a continuación a un recorrido y se monta en un soporte aislante a cuatro hilos.

Según sea el rango del termómetro, el aislante será de mica, alúmina e incluso zafiro sintético, de cualquier manera el aislante entre terminales debe ser del orden de $5 \cdot 10^9$ O a 500 °C.

El elemento sensible se monta a cuatro hilos para eliminar el efecto de resistencia de los propios terminales, los hilos de unión al elemento sensible han de ser también de metal noble, Oro o Platino, utilizándose generalmente el primero por no contaminar al Platino, ser más fácilmente mecanizable y más barato.

2.4.1.2 Termómetros de Resistencia de Platino Industriales (TRPI).

Hay una serie de características que diferencian las TRPP de aquellas que no pueden utilizarse como patrones para definir la Escala. Estas son:

a) La restricción de la EIT-90 a montaje libre de deformaciones mecánicas, algo que no es de esperar en un TRPI.
b) La utilización de los termómetros en aplicaciones industriales, generalmente encuentran ambientes hostiles en cuanto a vibraciones, golpes, choques, etc. Estas restricciones a los TRPP no se aplican a los industriales.
c) Los TRPI no requieren unos valores únicos y definidos de calibración, sino que basta con cumplir una determinada aproximación a curvas definidas estandarizadas de Resistencia-Temperatura.
d) Los TRPP están casi siempre protegidos por una cubierta de cuarzo u otro material vítreo similar, algo no imaginable en las industriales.

Para las resistencias de Platino industriales, se utiliza el valor del coeficiente a para definir la pureza del sensor, lo que le hará pertenecer, según las normas, a una determinada clase de precisión. Existen diferentes normas como las DIN, BS, ASTM, etc. que clasifican os TRP como aquellos que tienen un coeficiente a comprendido entre $3{,}85 \cdot 10^{-3}$ y $3{,}910^{-3}$. La aplicación de estas normas facilita tanto la precisión exigida a los termómetros como los puntos de calibración necesarios para una buena aplicación, así como las desviaciones máximas permitidas en los diferentes rangos de temperatura.

2.4.1.3 Medida de resistencia de un TRP

La medida de resistencia puede realizarse a dos, tres o cuatro hilos, mediante puentes clásicos o modificaciones de estos y entre ellos están:

a) El puente de Wheastone convencional. No es el más satisfactorio en la medida de TRP debido primero, a que la resistencia de contacto entre el cursor y el hilo varia mucho con las condiciones del cursor, segundo la resistencia de los hilos de unión al sensor es variable con el gradiente de temperatura, y por último, la propia corriente de alimentación a sensor origina un auto-calentamiento consecuencia del efecto Joule que depende de la resistencia del sensor.
b) El circuito en puente de cuatro hilos de Mueller. Es ideal para la medida de la resistencia debido a que anula la resistencia de los propios conductores de unión al sensor.

Las medidas de resistencias para estos puentes suelen estar entre los 0 y los 400 O. El aumento en la temperatura causado por la corriente en el puente debe mantenerse pequeño, de tal manera que sin reducir la corriente, se produzca un cambio apreciable en la indicación de resistencia. Totalmente opuesto a este requerimiento es el hecho de que la máxima sensibilidad del puente se obtiene aumentando la corriente, así pues debe llegarse a un compromiso en la elección de los TRP, de tal manera que no se produzcan errores considerables por autocalentamiento del sensor.

2.4.1.4 Fuentes de error en la medida de resistencia

Las principales fuentes de error en la medida de TRP son las siguientes:

a) ***Deformaciones mecánicas:*** Uno de los requisitos de la EIT-90 para las TRPP (Termo resistencia de platino patrón) es su montaje libre de deformaciones mecánicas, debido al hecho de que la temperatura es fuertemente dependiente de las impurezas en la red cristalina de los sólidos, sobre todo en el Platino por las dislocaciones.
   Para minimizar los efectos producidos por los defectos puntuales en la red cristalográfica, y llevar los sensores a un buen grado de estabilidad, se someten a tratamientos térmicos, con sucesivas series de ciclos que cubren temperaturas ligeramente superiores a la temperatura máxima de utilización.
   El efecto que producen estos tratamientos térmicos (que se deben realizar sin disminuir bruscamente la temperatura), es una disminución en la resistencia R(0.01) y un incremento en el coeficiente a.

b) ***Auto-calentamiento.*** La medida de la resistencia lleva necesariamente al paso de una corriente a través del sensor, lo que lleva a un calentamiento por efecto Joule en la resistencia y terminales, aumentando la temperatura del sensor por encima de la del medio que le rodea. La disipación de esta energía a través de

construcción de cada termómetro. Además de este calentamiento conocido como interno, hay otro efecto de calentamiento y es debido a que el calor emitido no es automáticamente absorbido por el medio que rodea al sensor y depende del grado de contacto térmico entre la parte exterior de la pantalla protectora del sensor y el medio.
El efecto de auto-calentamiento puede considerarse pequeño para un TRPP con pantalla de cuarzo, pues varia entre décimas de mK y algún mK, pero en aquellas que tienen protección de vaina de acero inoxidable y sobre todo en los TRPI (Termo resistencia de platino industrial) puede ser considerable.
Para un TRPI de 100 O a 0 °C, el auto-calentamiento producido por una corriente de 1mA puede ser de 20 mK en el punto triple del Agua.
Los efectos externos de auto-calentamiento se pueden minimizar diseñando los termómetros de tal manera que el elemento protector tenga un buen contacto térmico con el medio.

c) ***Respuesta Térmica.*** Ligado al auto-calentamiento de un termómetro de resistencia, se encuentra su tiempo de respuesta, mientras que para un TRPP con vaina de borosilicato o cuarzo puede ser de unos segundos, para un TRPI en vaina metálica gruesa, puede ser de varios minutos.

d) ***Profundidad de inversión.*** Cuando se realizan calibraciones de termómetros hay que asegurarse que la profundidad de inmersión sea la adecuada, debido a la conducción térmica a través de la vaina y de los conectores. Por tanto, es necesario estudiar para cada TRPP y en particular por su diseño para cada TRPI la característica resistencia-profundidad de inmersión (por ejemplo en el punto de fusión del hielo), y corregir los errores por este efecto para la calibración.

e) ***Aislamiento de la resistencia.*** El efecto de falta de aislamiento entre el elemento sensible y su soporte físico, y también entre los conectores y la parte exterior de la vaina protectora, da lugar a errores que hacen disminuir la resistencia aparente del elemento sensible. Estos efectos apenas se notan a temperaturas inferiores a unos 650 °C para TRPP, pero para TRPI cuyo proceso de fabricación no es tan selectivo, da lugar a errores de 30 mK para resistencias con aislamiento de 1 MO en valores de 100 O a 0 °C lo que es equivalente a 0,45 K en 800 °C.

2.4.1.5 Procedimientos y técnicas de calibración

Existen dos métodos de calibración que son: siguiendo la EIT-90 en puntos fijos y por comparación. El primer método se sigue en los Laboratorios de primer nivel para calibración de TRPP, el segundo puede realizarse en cualquier Laboratorio de calibración industrial.

Para calibrar un termómetro de resistencia industrial se necesita, aparte de los patrones adecuados (TRPP calibrados en puntos fijos), un puente de medida acorde a las exigencias de incertidumbre esperadas y los medios isotermos adecuados para realizar las medidas.

Los baños utilizados deben estar bien estudiados, la estabilidad y uniformidad de los baños es una de las causas más grande de incertidumbre en las medidas. Una buena técnica de calibración es la utilización de bloques metálicos con taladros o pozos adecuados para introducir los TRPI. Se eligen metales adecuados que tengan una buena inercia térmica, como puede ser el Cobre, y se consigue buena estabilidad con los baños que quizás en un principio no se consideraban adecuados.

Se deben preparar los TRPI a calibrar, realizando un recorrido de temperatura unos 10 grados superior al de su uso.

Se debe elegir una profundidad de inmersión situando los sensores de tal manera que los errores cometidos por conducción térmica a lo largo de la varilla y de los terminales sea despreciable.

Debe tenerse también presente el perfecto estado de la resistencia o resistencias patrón utilizadas en el puente y que estén aclimatadas térmicamente, de tal manera que no varíe su resistencia durante las medidas por otra causa que por el propio paso de corriente.

En cuanto a los baños, además de tener bien estudiada su estabilidad y uniformidad, hemos de tener cuidad con los fluidos térmicos utilizados, primero en cuanto a seguridad e higiene de los propios técnicos y después en cuanto al medio isotermo más adecuado, con buena conductividad térmica, no muy viscoso y que no ataque químicamente a los TRP.

Una vez que se ha estudiado la estabilidad del o los TRP a calibrar, que se ha demostrado la conveniencia del puente y del baño a utilizar, solo falta introducir las resistencias en el baño hasta conseguir un buen equilibrio térmico ya sea directamente con el baño o en el bloque igualador.

El mejor método aunque encarezca el mantenimiento del Laboratorio, es utilizar dos TRPP y leer alternativamente Patrón 1, TRP a calibrar y Patrón 2, y leer de nuevo en sentido inverso. La diferencia de temperatura entre los dos patrones nos dará la idea de la estabilidad de temperatura en el valor medido y la conveniencia o no de repetir el ciclo.

Los resultados de calibración se deben presentar en forma de tabulación (resistencia en función de la temperatura), para ello se deberá ajustar una curva a los puntos de calibración. La mejor manera de comprobar que los datos obtenidos son satisfactorios, es preparar un programa con las ecuaciones de la EIT-90 para temperaturas positivas y negativas, y comprobar que las diferencias entre ésta y la curva ajustada son inferiores a una cantidad determinada, que dependerá lógicamente de las incertidumbres de medida que pretendamos obtener.

2.4.1.6 Consideraciones generales en la calibración de TRP

De todos los apartados anteriores se pueden separar una serie de conclusiones que ayudarán a aplicar métodos de calibración en función de la clase y expectativas previstas.

a) ***Elementos de medida.*** Para una buena calibración los elementos de medida han de estar en óptimas condiciones, comprobada la linealidad del puente de medida, los patrones de referencia calibrados y los medios isotermos estudiados en estabilidad y uniformidad.
b) ***Longitud de la vaina del TRP.*** No podremos obtener buenos resultados con un TRP que no tenga una longitud adecuada y una buena profundidad de inmersión. Su precisión estará sujeta a la conducción térmica por la vaina protectora y por tanto a rangos de temperatura muy limitados.
c) ***Estabilidad.*** Va ligada a la reproducibilidad del termómetro, lógicamente imprescindible para un buen sensor. Imprescindible un buen tratamiento térmico.
d) ***Auto-calentamiento.*** Los TRP con auto-calentamiento grande nos limitarán su uso como patrones de transferencia.
e) ***Condiciones de uso y de mantenimiento.*** No pueden esperarse las mejores prestaciones de un TRP sin unos cuidados adecuados, como pueden ser: limpieza de vaina protectora después de cada uso, cuidado con choques, tanto físicos como térmicos, alejarla de vibraciones, almacenaje en lugares adecuados y protegidos, etc.
f) ***Rango de utilización.*** Si se ha sometido el TRP a un rango superior a recomendado, se deberá comprobar la variación de su R(0,01), por si fuese necesario un tratamiento térmico.
g) ***Puntos de medida.*** Para una buena calibración y ajuste de los valores obtenidos a buena curva, con necesarios al menos cinco valores en el rango hasta 300 ºC y cuatro para temperaturas negativas.

2.5. Medios isotermos.

Los medios isotermos de calibración tienen por objeto generar una zona uniforme y estable de temperatura, medida con un patrón o definida teóricamente (como en puntos fijos).

Atendiendo a esto, se puede hacer una primera clasificación en lo que respecta a calibración:

- Calibración en Puntos Fijos (PF)
- Calibración por comparación (CC).

Un uso muy extendido de estos sistemas, se da en el campo de los ensayos de todo tipo, en los cuales el medio isotermo no se utiliza para calibración de sondas, sino para someter a una muestra a unas determinadas condiciones de temperatura durante un cierto tiempo. Hay que distinguir entonces, entre medios isotermos en general y los que se utilizan para calibración.

En CC, el medio isotermo es “auxiliar” y su función es la generación de la zona de temperatura estable y uniforme. Esta será medida por un patrón externo y comparada con la lectura del instrumento a calibrar.

Un medio isotermo de calibración (MIC) está diseñado para la calibración por comparación de sondas de temperatura y su especificación básicamente es:

- Margen de temperatura de uso.
- Uniformidad y estabilidad especificadas por el fabricante
- Sonda/s de control.
- Sonda/s de protección de temperatura (de corte).
- Tipo de control (PID, banda proporcional, etc)
- Dimensiones de la zona útil (la zona “realmente” útil será en general menor y debe especificarse para cada temperatura).
- Configuración de calefacción, refrigeración, recirculación (en baños), etc.
- Accesorios de soporte de sondas, como tapas, bloques uniformizadores, tubos cerámicos (hornos), etc.
- Etc.

En función del tipo de sonda, para cuya calibración está diseñado, margen de temperatura y nivel de precisión requerido, hay varios MIC que pueden utilizarse:

- Baños
- Hornos
- Calibradores de pozo seco
- Cámaras térmicas
- Etc.

y cada uno de ellos, en muy diversas configuraciones, formatos, tamaños precios, etc.

Baños

Los baños de temperatura controlada, son MIC en los que existe un fluido y un sistema de recirculación (una hélice y un motor) en un recipiente, generalmente cúbico o cilíndrico, donde se genera la temperatura de interés.

Los baños de temperatura controlada se encuentran en el rango de -100 ºC hasta 550 ºC. Deberán estar provistos de agitadores para permitir una temperatura homogénea a través del medio, y de un control de temperatura suficientemente bueno que nos permita llegar a las temperaturas de consigna en tiempos relativamente cortos.

Las pérdidas de calor se pueden minimizar mediante aislamientos adecuados, y la parte superior del baño deberá estar provista de los medios para sujetar los termómetros y los patrones.

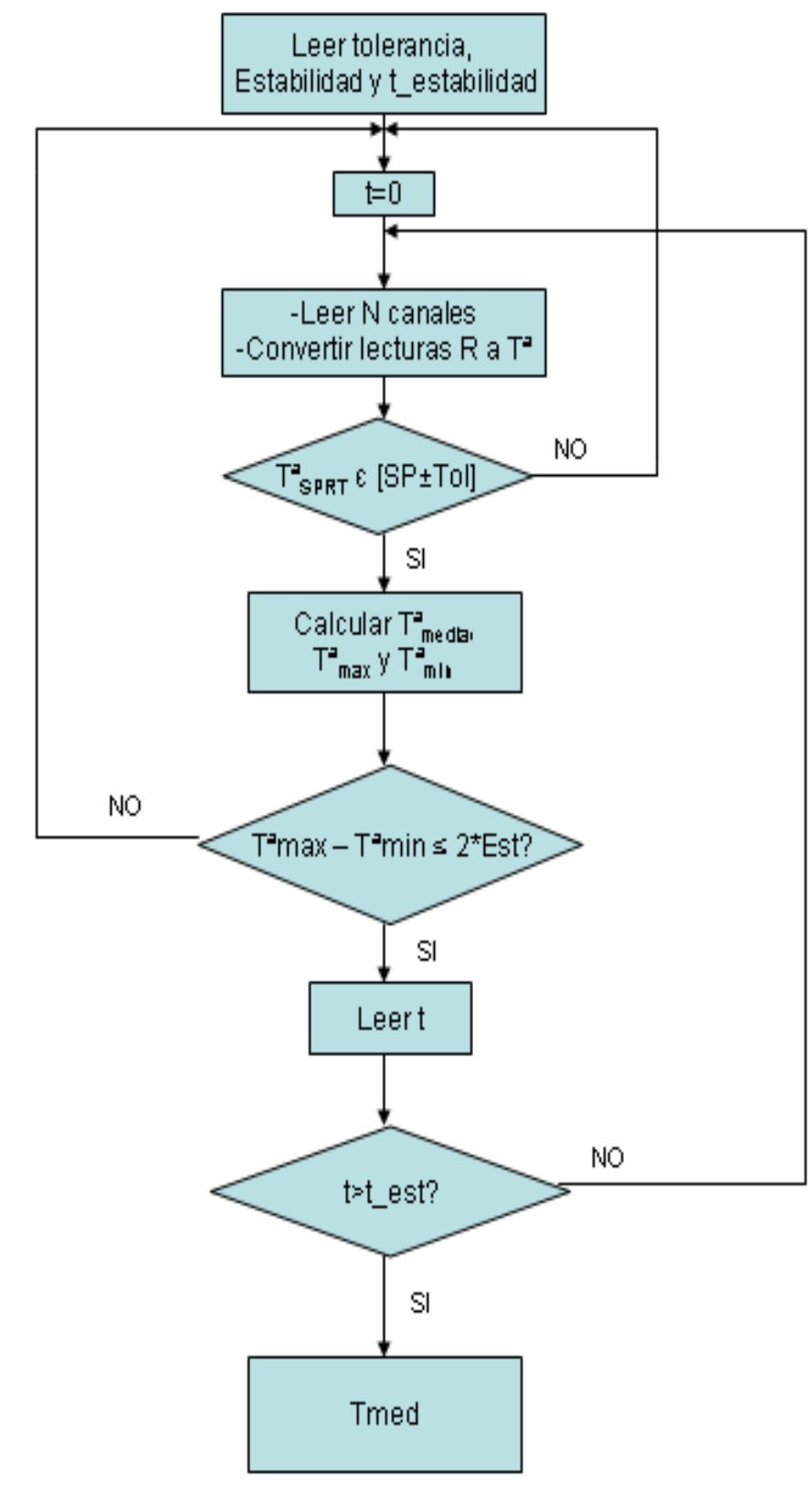
Los medios usados como fluidos isotermos varían con la temperatura a medir.

2.6. Procedimiento de calibración

2.6.1 Toma de datos.

Para cada SP (Set Point):

1) El baño se pone a la temperatura deseada.
2) Se lee tolerancia, estabilidad y tiempo de estabilidad.
3) Se toman lecturas de todos los canales, primero se lee el patrón y después los EBP (Equipo Bajo Prueba).
4) Convertimos las lecturas de resistencia a temperatura.
5) Miramos si la lectura del patrón está dentro $SP \pm Tolerancia$.
6) Si no es así volvemos al paso 3.
7) Calculamos temperatura máxima y mínima del patrón.
8) Comprobamos que se cumpla $Tmax-Tmin= 2*Estabilidad$, si los valores no son estable volvemos al paso 3.
9) Comprobamos si los datos han sido estables durante el tiempo necesario. Si no ha transcurrido el tiempo necesario, seguimos tomando datos, comprobando siempre que estén dentro de la tolerancia y sean estables.
10) Una vez que los datos han sido estables, dentro de la tolerancia definida para el SP actual durante el tiempo necesario, se procede a calcular el valor medio de la Temperatura.


Leer tolerancia,
Estabilidad y t_estabilidad
t=0
-Leer N canales
-Convertir lecturas R a Tª
Tª SPRT ϵ [SP±Tol]
NO
SI
Calcular Tª media,
Tª max y Tª min
NO
Tªmax – Tªmin ≤ 2*Est?
SI
Leer t
t>t_est?
NO
SI
Tmed

2.6.2 Análisis resultados.

Una vez obtenidos los resultados de la calibración, calcularemos cual es la tolerancia para los diferentes puntos en los que hemos tomado las medidas.

Calcularemos la corrección para cada punto como Tª patrón – Tª EBP

Deberemos comprobar que ¦ *corrección*¦ = *Tolerancia en todos los puntos.*

Si esto último no se cumple deberá reclasificarse el equipo. Para ello elegir el valor de más alta corrección, en valor absoluto, y asignarle una clase que cubra la Corrección/0,75 como margen de seguridad. Anotarlo en el Informe de Resultados.

2.6.3 Informe.

En el informe se presentarán los siguientes datos:

- Número de orden de trabajo.
- Hora inicio calibración.
- Hora finalización.
- Identificación de los equipos de medida.
- Resultado de la prueba (satisfactorio/insatisfactorio).
- Observaciones.
- Datos de los EBP (Rango, clase, fabricante y modelo, nº de serie).
- Resultados de la calibración. Para cada SP se mostrará la temperatura del patrón, la del EBP, la corrección que se le debe aplicar al EBP y la tolerancia en ese SP.
- Nueva clase asignada.

2.7. Lenguaje de programación LabVIEW 7.1

2.7.1. Por qué LabVIEW?

Para elaborar el proyecto de calibración, se consideró que el lenguaje más apto era el LabVIEW, y las razones son varias:

- Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica, llamado lenguaje G.
- Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles. Estos serían complicados de realizar en bases como C++ donde el tiempo para lograr el mismo efecto sería muchas veces mayor.

- Es un programa donde se cuenta con librerías especializadas para manejos de DAQ, Redes, Comunicaciones, Análisis Estadístico, Comunicación con Bases de Datos.
- Como se programa creando subrutinas en módulos de bloques, se pueden usar otros bloques creados anteriormente como aplicaciones por otras personas.

2.7.2. Requerimientos del sistema

	Mínimo	Recomendado
Procesador	Pentium III/Celeron 600 MHz o equivalente	Pentium 4 o equivalente
RAM	128 MB	256 MB
Resolución	800 x 600 pixels	1024 x 768 pixels
S.O.	Windows 2000/NT*/XP (*Nota: Windows NT versión 4, Service Pack 6 o posterior)	Windows 2000/XP
Espacio libre en el disco	130 MB	550 MB

2.7.3. Introducción al LabVIEW

LabVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Pero como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, etc.

Los programas que se crean con LabVIEW reciben el nombre de *Instrumentos Virtuales* o VIs. Cada VI consta de 3 componentes:

- Un Panel Frontal. Es la interface de usuario.
- Un Diagrama de Bloques. Contiene el código fuente gráfico que define la funcionalidad del VI.
- Icono y conector. Identifica cada VI, de manera que podemos utilizarlo dentro de otro VI. Un VI dentro de otro VI recibe el nombre de subVI. Seria como una subrutina en lenguaje de programación basado en texto.

2.8. Equipos utilizados para realizar la calibración

2.8.1 Baño Hart Scientific 7320

Uno de los dos baños que se usan para la calibración es el Hart Scientific 7320.
Si el rango a calibrar es de -20 ÷150 °C, se utilizará únicamente este baño, pero si el rango es superior a 150 ºC se necesitará otro baño que cubra el rango. En este caso si la Tª>150 ºC se utilizará además, el baño Hart modelo 913AC1

Su rango de trabajo es -20 ÷150 °C.
Dispone de un display digital.
Se puede comunicar con el PC mediante comunicación serie.

El resto de sus especificaciones se pueden encontrar en el apartado 4 ANEXOS.

2.8.1.1 Comunicación serie con el baño

Generalidades del Standard RS-232

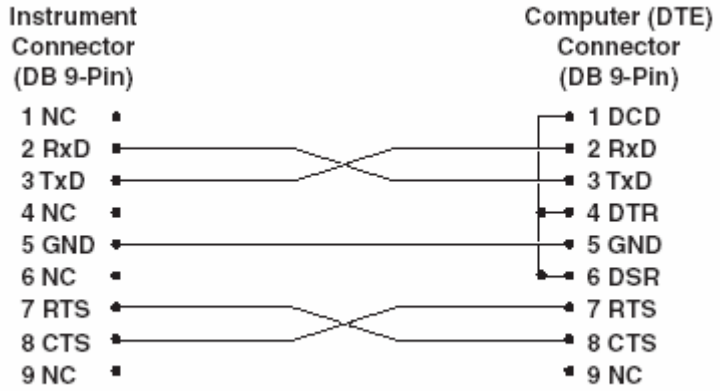
El RS-232 designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de terminación del circuito de datos).

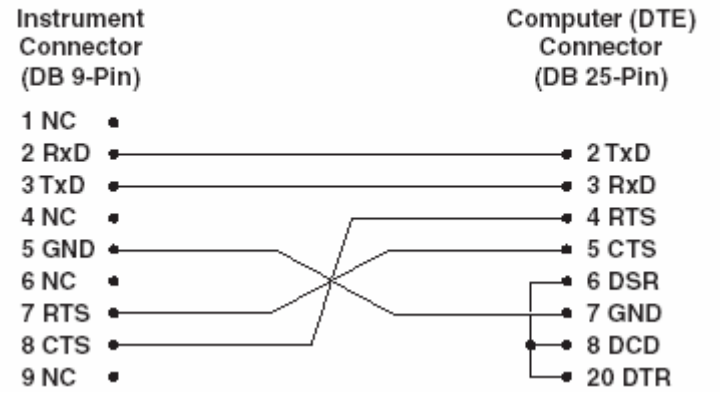
Sus características principales son:

- Velocidad máxima de transmisión de datos: 20 kbps
- Capacidad de carga máxima: 2500 pF ? Longitud máxima del cable entre el PC y el periférico de 15 a 20 metros. Para distancias mayores se ha de utilizar otro estándar de comunicación.

En la comunicación serie los bits se transmiten uno detrás de otro (de ahí el nombre), lo que hace que sean mucho más lentas que sus homólogas "paralelo" en las que se transmiten varios bits a la vez

Conexión cable RS 232 para la comunicación del *PC* con el *baño*:





RxD: Recibir datos.
TxD: Transmitir datos.
RTS: Preparado para transmitir datos.
CTS: Preparado para recibir datos.
DCD: Detección de señal portadora con la información.
DTR: Terminal de datos listo
DSR: Terminal de datos esta conectado a la línea

Los pasos a seguir al utilizar el puerto serie son siempre los siguientes:

- Realizar la configuración del puerto serie, iniciándolo según las características que se deseen para la comunicación. Mientras no se varíen las condiciones de la comunicación no será necesario volver a configurar el puerto.
- Acceder al puerto serie para recibir o enviar tantas veces como se desee.

Hay que tener en cuenta que la configuración que se le de al puerto serie del PC ha de ser exactamente la misma que la que utilice el dispositivo periférico. De lo contrario, el

PC y el periférico no se comunicarían con éxito, ya que estarían utilizando especificaciones de transmisión diferentes.

2.8.2 Baño Hart modelo 913AC1

Este es el baño usado par calibraciones de temperatura superiores a 150 ºC.
Su rango de trabajo es de 0 ÷ 400 °C
Dispone de un display digital

2.8.3 Multímetro Keithley 2000

El multímetro con el que realizamos las mediciones de resistencia es el keithley 2000.
Se trata de un multímetro digital de 6 ½ dígitos.
Para poder leer más de un canal disponemos de una tarjeta interna *2000-SCAN*.
Con esta tarjeta se pueden leer 10 canales, en nuestro caso, como realizamos lecturas a cuatro hilos, solo disponemos de 5 canales.

2.8.3.1. Comunicación GPIB

El bus GPIB cumple con las normas de IEEE-488, que nos proporciona una interface entre equipos digitales mediante uso exclusivo de conectores y cables.

Características físicas, eléctricas y mecánicas del bus:

- Este bus soporta hasta 15 dispositivos independientes conectados en paralelo.
- La longitud máxima del cable está limitada a 20 metros para los 15 instrumentos, la distancia máxima entre los instrumentos debe de ser de 2 metros.
- Tiene 16 líneas de señales, 8 para datos y 8 de control.
- La transferencia es asíncrona. Se controla por 3 líneas de *handshaking*.
- La velocidad maxima de transferencia es de 1 MB/s para distancias muy cortas.
- Aunque solo se pueden conectar 15 instrumentos, se pueden direccionas hasta 31 direcciones primarias. Además hay 31 direcciones secundarias.

Características funcionales:

En cualquier comunicación con intercambio de comunicación dentro del bus GPIB necesitamos tres elementos funcionales básicos:

- Un dispositivo actuando como listener *(escuchando el bus).*
- Un dispositivo actuando como talker *(hablando al bus).*
- Un dispositivo actuando como controller *(dirigiendo el flujo de datos de forma adecuada controlando la comunicación)*

Estructura del bus.

Se usan un conjunto de 16 líneas para transportar información, mensajes de interface y mensajes dependientes de dispositivos entre los dispositivos interconectados.
La estructura del bus se organiza en tres conjuntos de líneas:

- Bus de datos con 8 líneas.
- Bus de control de transferencia de datos con 3 líneas.
- Bus de administración general de la inteface.

2.8.4 Patrones Rosemuount

Se dispone de dos patrones para realizar la calibración:

Modelo 162N (I-0068-PR)

Rango de temperatura -200 ÷ 400 °C
R(0,01 ºC) = 100 O

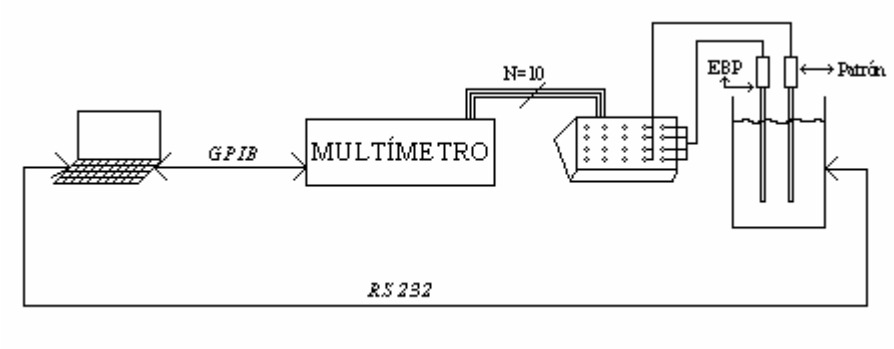
Modelo 162CE (I-0069-PR)

Rango de temperatura -200 ÷ 650 °C
R(0,01 ºC) = 25,55 O

Ambos patrones están fabricados con platino de alta pureza y satisfacen las criterios de aceptación de la EIT-90 que deben cumplir para poder utilizarse como patrones.

2.9. Esquema del montaje.

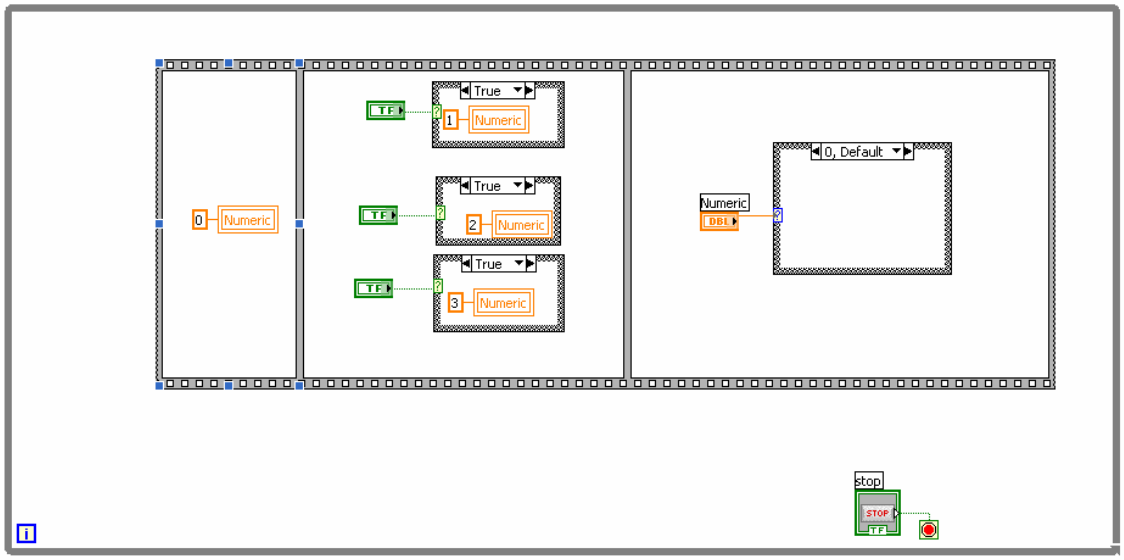
El PC irá conectado al multímetro que mide a cuatro hilos vía GPIB y al baño se conectara vía RS 232.
El multímetro irá conectado a una caja que es donde conectaremos las sondas, el patrón y hasta 4 sondas a calibrar.



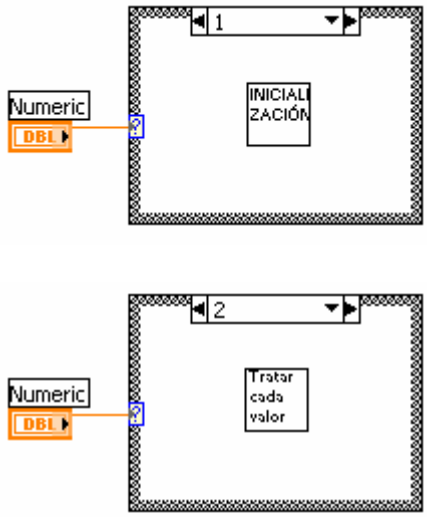
3. MEMORIA DE PROGRAMACIÓN

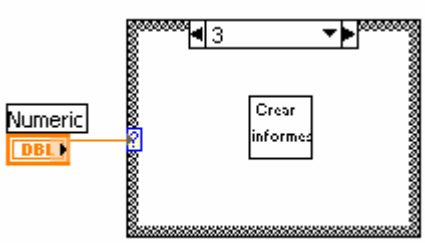
MENU.VI

Este es el diagrama de bloques de donde parte el programa. Escogeremos entre INICIALIZACIÓN (inicialización.vi), PROCEDIMIENTO (tratar cada valor.vi), CEAR INFORME (crear informes.vi) o FIN, si queremos finalizar.



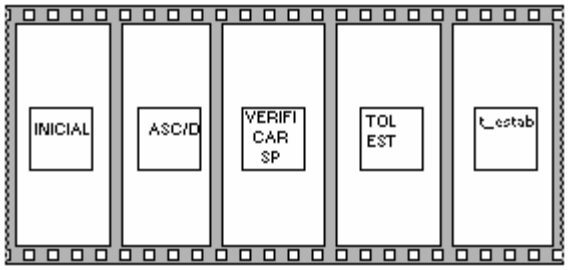
Según la opción escogida, activaremos un VI u otro:





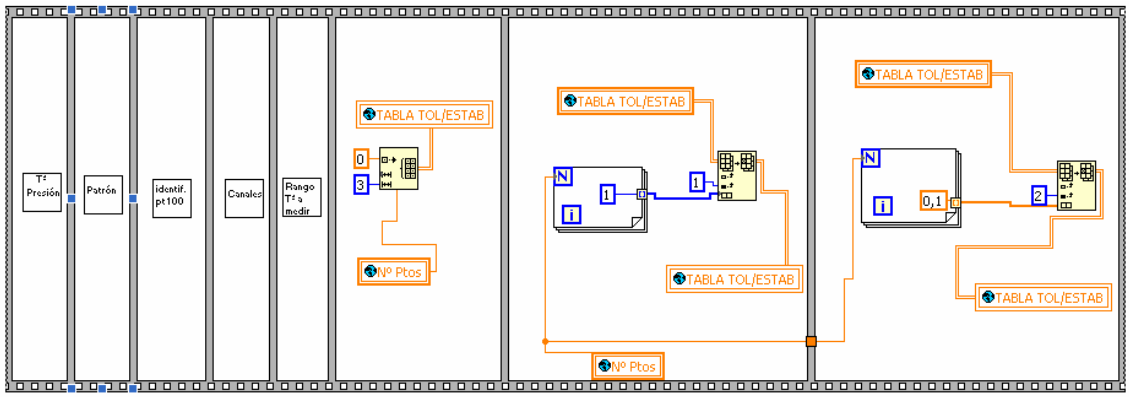
1. INICIALIZACIÓN.VI

Si hemos escogido Inicialización, vamos al siguiente diagrama de bloques:



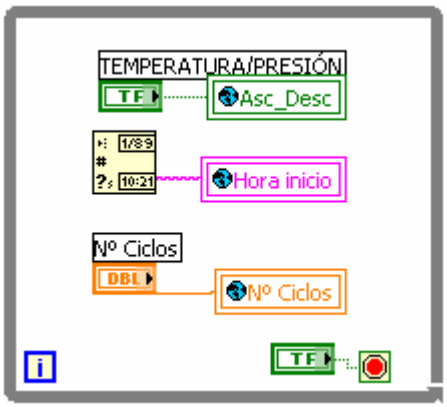
1.1. Introducir_datos.vi

En este VI nos piden por pantalla una serie de datos que se detallan a continuación. Después de pedir el rango y el número de puntos a medir, ponemos unos valores por defecto para la tolerancia y la estabilidad (1 y 0,1 respectivamente).



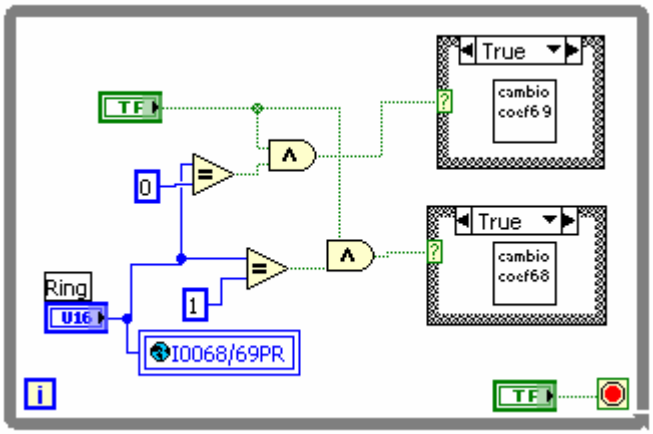
1.1.1 Elegir Tª Presión.vi

En este VI, se escoge entre calibrar temperatura y presión (ya que este VI esta pensado para poder utilizarlo en un futuro en calibraciones de presión), en el caso de presión puede ser necesario realizar más de un ciclo, y por ello también nos lo piden.
Como nosotros haremos una calibración de temperatura, esta configurado para que por defecto solo se haga un ciclo y calibremos temperatura, así que nos bastará con pulsando OK (Enter) cuando salga la ventana.
También capturamos la hora de inicio para introducirla más tarde en el informe final.



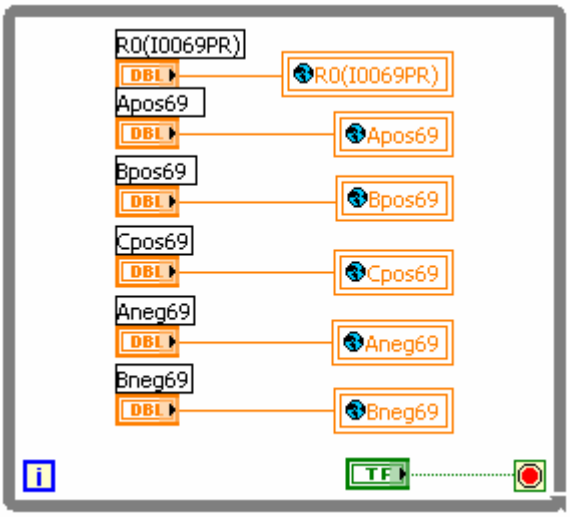
1.1.2 Patrón.vi

En este VI nos dan a elegir entre los dos patrones usados en el laboratorio de la *C.N.V. II* . También pueden ser modificados algunos parámetros que caracterizan a la SPRT (en el caso de que sean diferentes debido a que han sido llevadas a calibrar a un laboratorio).



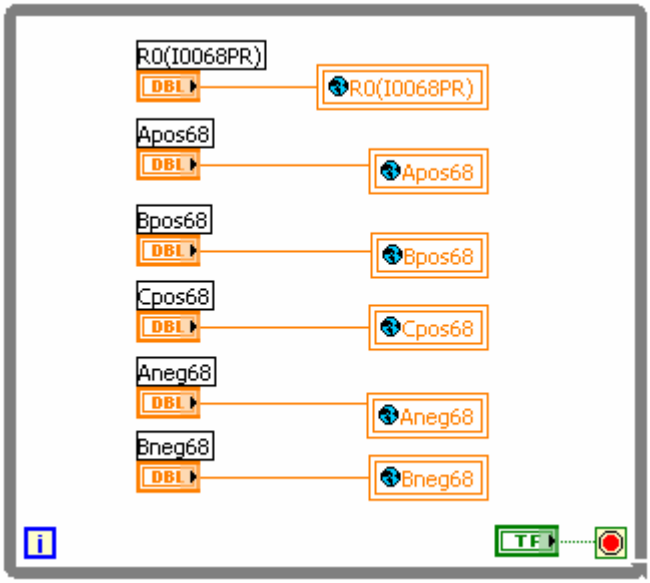
a) Cambio_coef_69.vi

En el caso de escoger la SPRT I-0069-PR (25,558 ?), podemos variar sus parámetros si así lo deseamos.



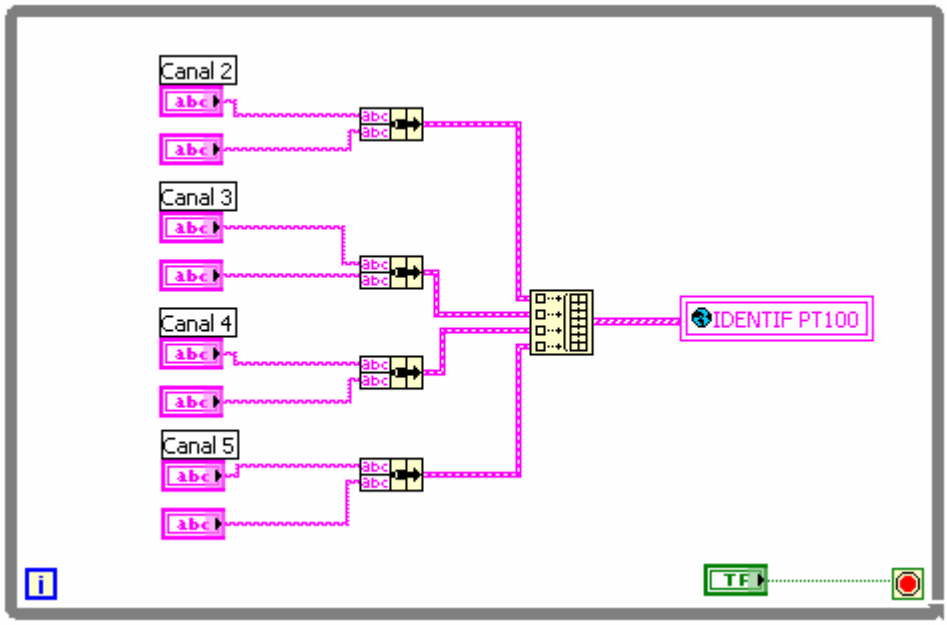
b) Cambio_coef_68.vi

En el caso de escoger la SPRT I-0068-PR (99,9321 ?), podemos variar sus parámetros si así lo deseamos.



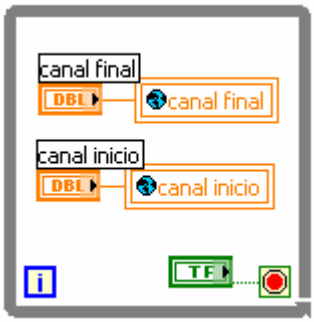
1.1.3 Identificar_PT100.vi

Guardamos en un array de strings los nombres con los que se identifica cada Pt100, para así saber la relación que tienen con cada canal que leemos del multímetro.



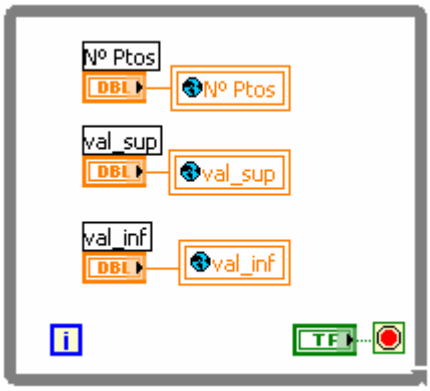
1.1.4 Nº Canales.vi

Guardamos el canal de inicio y el canal final. Todos los canales que estén comprendidos entre estos dos, deberán ser leídos en un futuro, cuando le demos la orden al multímetro de que lea.



1.1.5 Rango Tª a medir.vi

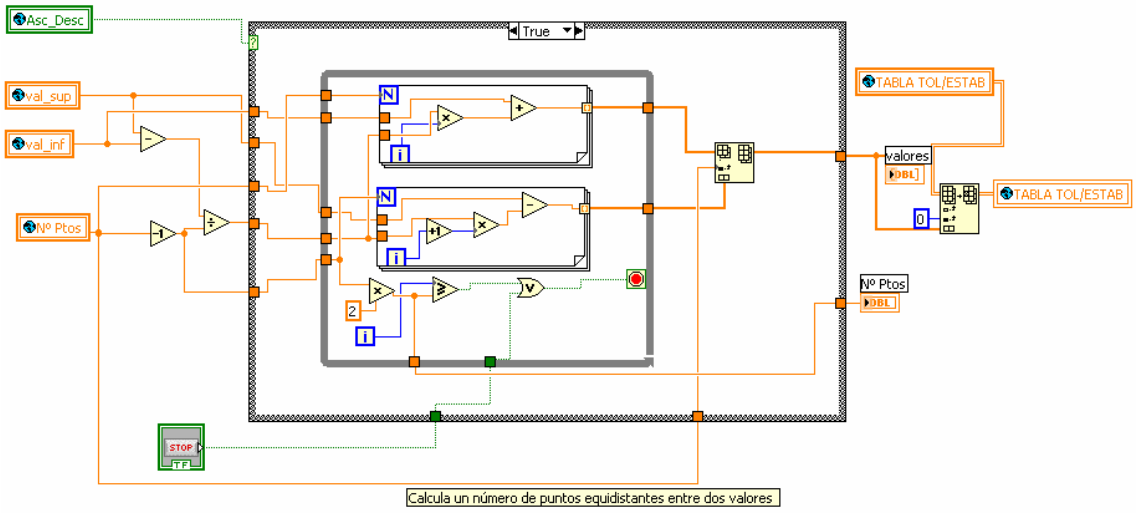
En este VI, pedimos el rango de temperatura a medir, y el número de puntos que deseamos medir (por defecto esta en 5, ya que siempre toman valores de 5 puntos, no más, porque ya son suficientemente representativos).



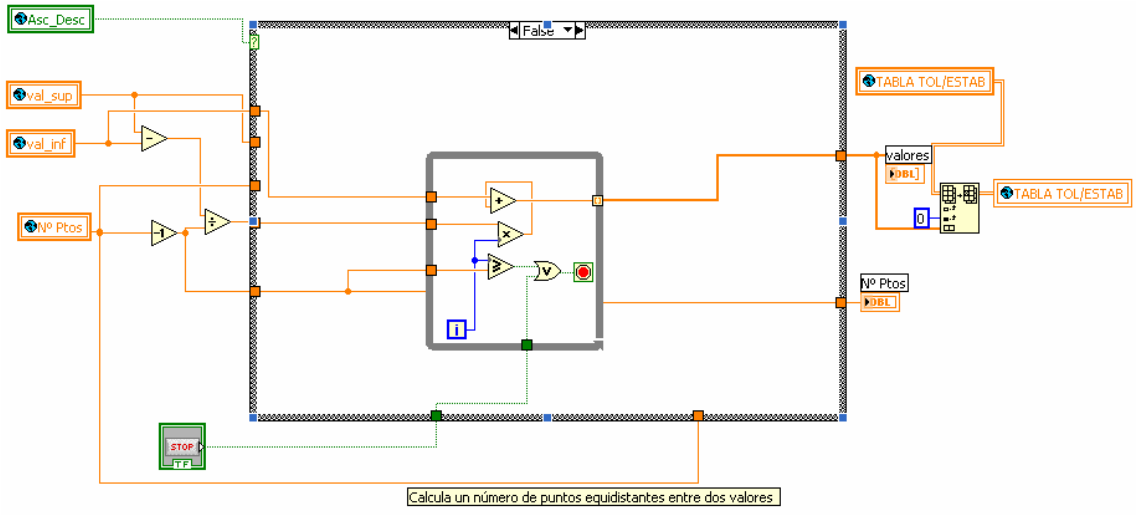
1.2 Asc_Desc.VI

Este VI servirá en un futuro, para realizar también calibraciones de presión. Si la opción escogida anteriormente (en el VI *Elegir Tª Presión*) es:

• Presión: Calcula valores equidistantes entre ellos que van desde el valor inferior hasta el valor superior. Un ciclo de subida y uno de bajada.

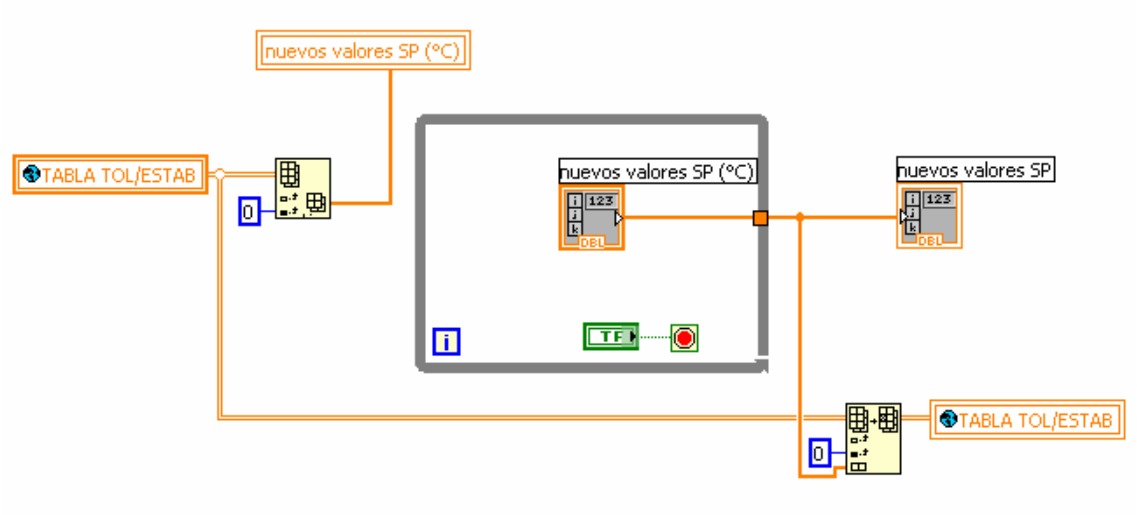


• Temperatura: Calcula valores equidistantes entre ellos que van desde el valor inferior hasta el valor superior. En este caso solo se realiza un ciclo de subida.



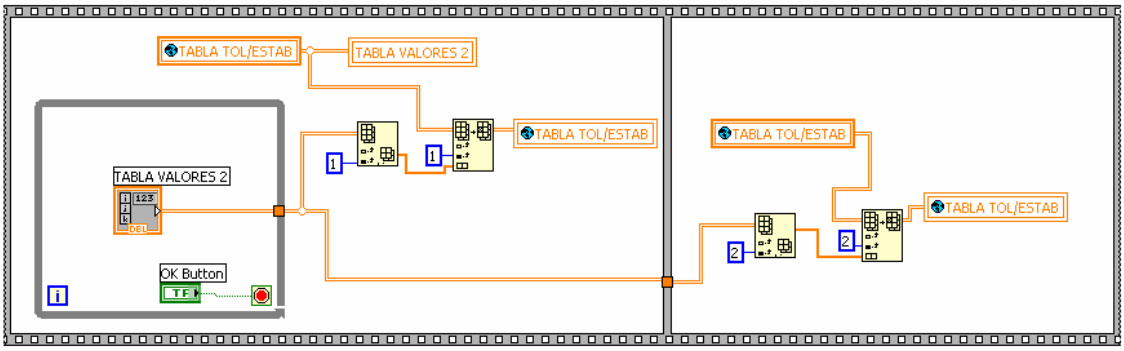
1.3 Verificar_SP.VI

Nos dan la opción de modificar los SP antes calculados por el VI ASC_DESC, ya que este calcula puntos equidistantes entre ellos, y puede que se quieran medir otros puntos diferentes.
Guardamos los nuevos valores en la tabla donde se encontraban los calculados con anterioridad.



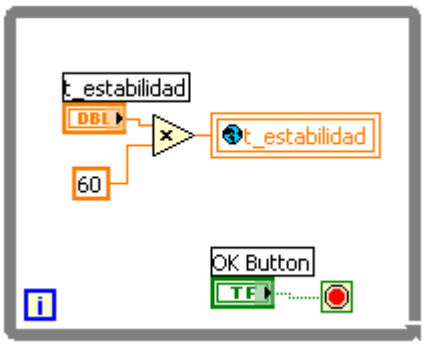
1.4 Introducir_tol_est.vi

Ponemos por defecto unos valores de tolerancia y de estabilidad (1 y 0.1 respectivamente), estos pueden ser modificados cuando se ejecuta este VI.



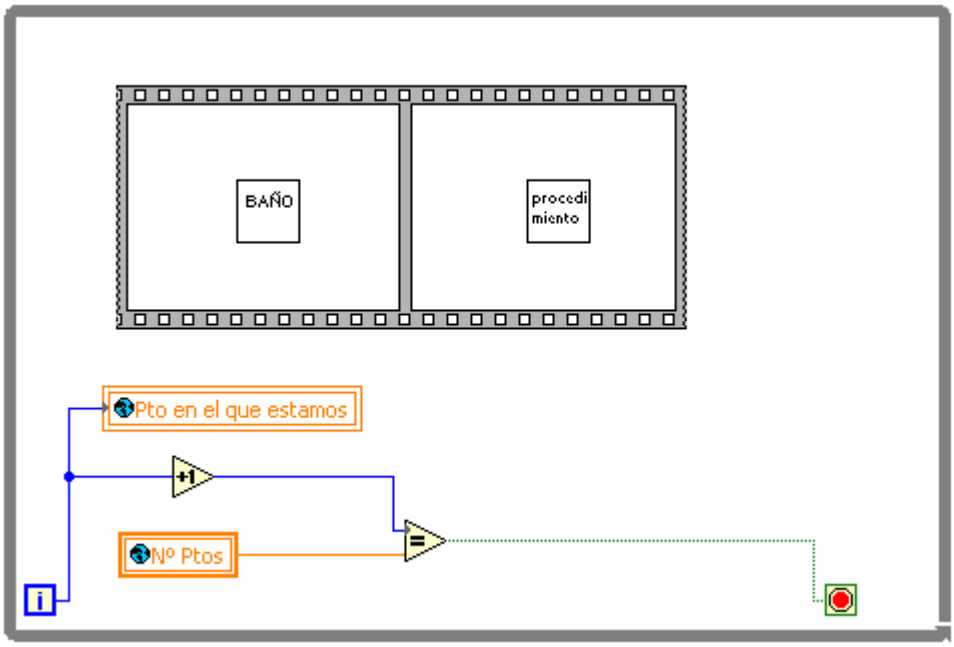
1.5 t_estabilidad.vi

El tiempo de estabilidad se pide en minutos, lo transformamos a segundos ya que después lo compararemos con segundos.



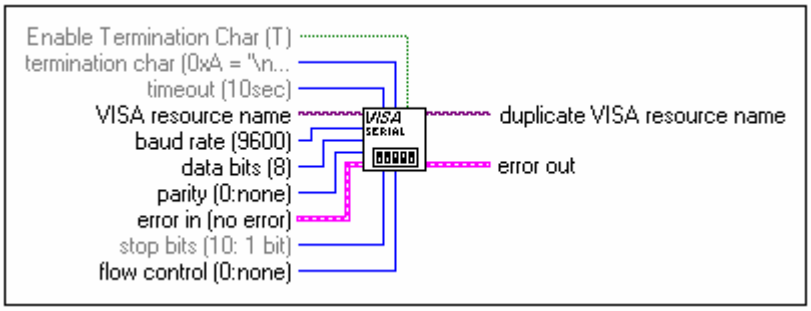
2. TRATAR_CADA_VALOR.VI

Para cada SP, pondremos el baño a la temperatura deseada y procederemos a tomar lecturas del multímetro, hasta que los valores estén dentro de una tolerancia y sean estables. Tomaremos más lecturas y guardaremos los datos en ficheros, para crear mas tarde un informe con los resultados de la calibración.
Este proceso se repetirá para todos los valores de los SP.



2.1 Com_serie.vi

Con este VI, mantendremos una comunicación con el baño (comunicación serie). Para la comunicación serie hemos tenido que configurar varias cosas:



Baud rate**:** aquí he tenido que modificar el valor que estaba por defecto, ya que la máxima velocidad que el baño podía soportar es de 2400 bps. Y como ya he explicado antes, si no van a la misma velocidad, esto daría lugar a problemas en la comunicación.

Visa resource name**:** En esta entrada se introduce el puerto serie que quieres configurar. Nosotros siempre lo pondremos en el puerto COM1.

Data bits: Por defecto esta configurado como 8, y no lo modificaremos ya que ese es el número de bits de datos que el baño envía. Por cada byte recibido 8 serán los bits que se considerarán como bits de datos.

Stop bits: En las transferencias se manda un bit de stop, que es el que esta configurado por defecto. Por lo tanto no lo tocamos.

Parity: No hay bit de paridad, por defecto ya esta configurado así, por lo tanto tampoco lo tocamos.

Flow control: Lo configuramos como RTS/CTS.

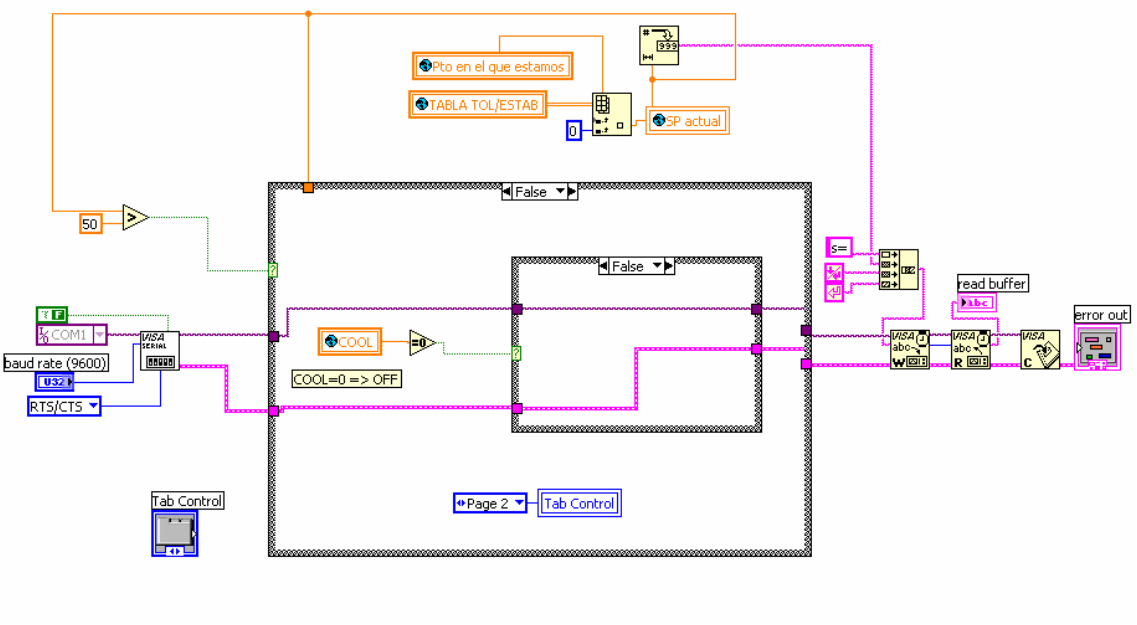
Del mismo modo que configuramos el puerto serie del PC, también deberemos configurar el baño.

- Deberemos de configurarlo para que vaya a su máxima velocidad (2400 bps).
- El parámetro *Duplex Mode* lo deberemos configurar como FULL. Para que los dos dispositivos puedan comunicarse simultáneamente.
- En *Linefeed* lo deberemos poner en ON (LF, ASCII 10).

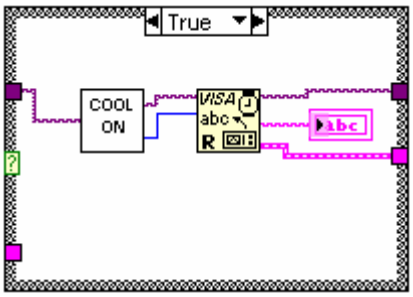
Le mandaremos órdenes para que se ponga a la temperatura que nosotros deseamos (la del SP actual).

Además de decirle la temperatura a la que se debe poner, también controlaremos la función COOLING. El COOL solo debe estar encendido si el SP que le ponemos al baño es inferior a 50° C.

Si el SP al que deseamos poner el baño es superior a 150 °C deberemos cambiar de baño, ya que el rango del baño Hart Scientific modelo 7320 es de -20 a 150 °C.
Para el caso en el que SP<50 el COOL deberá estar encendido (COOL=1), si es así, simplemente se mandará la orden al baño para que cambie su SP actual al valor deseado (*s=SP actual*).

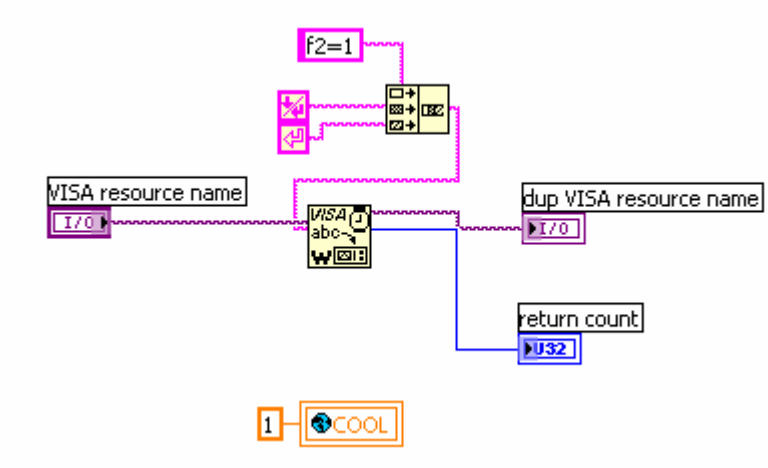


Si SP<50 pero el COOL está apagado, se deberá encender, para ello utilizaremos la función *cool on.vi*



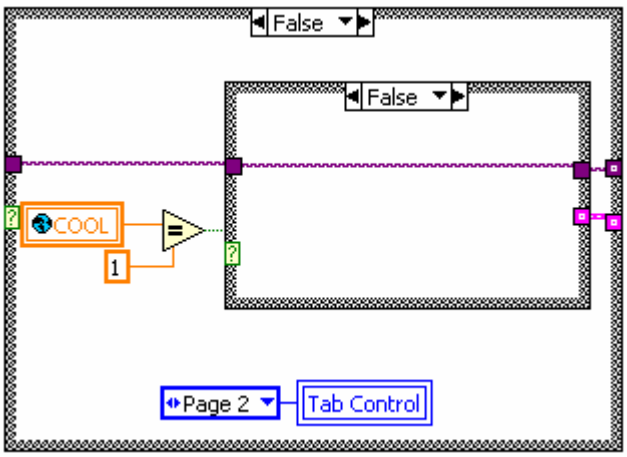
2.1.1 Cool on.vi

Escribiendo el comando *f2=1*, el baño entenderá que debe encender la función COOL.
Ponemos la variable COOL a 1 (COOL=ON).

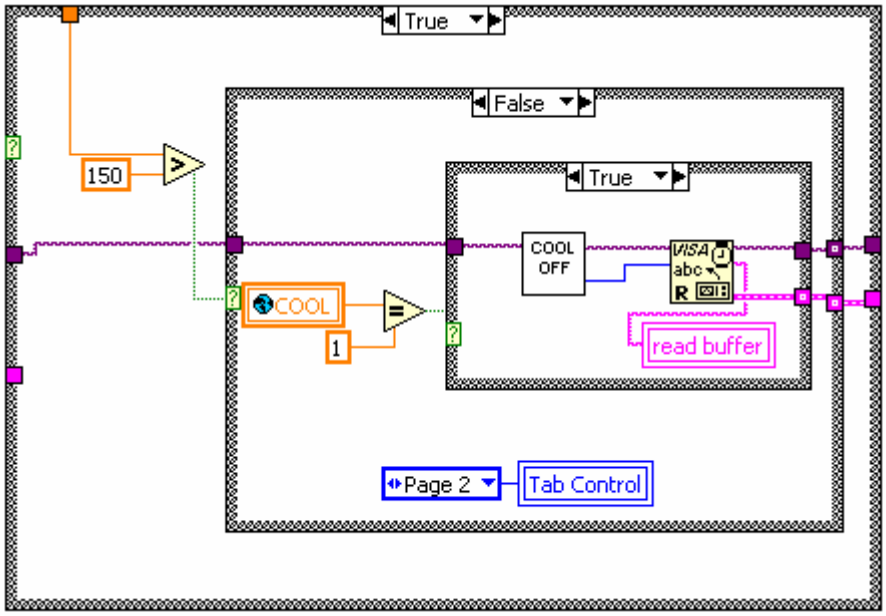


En el caso en que 50<SP>150, la función COOL debe estar desactivada. Comprobaremos si la función COOL esta activada.

Si se produce este caso en el que la función COOL esta desactivada, no haremos nada.

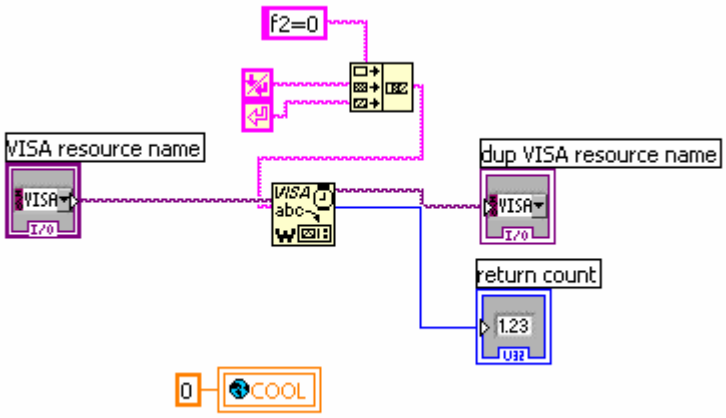


En el caso de la que la función COOL esté encendida procederemos a apagarla.

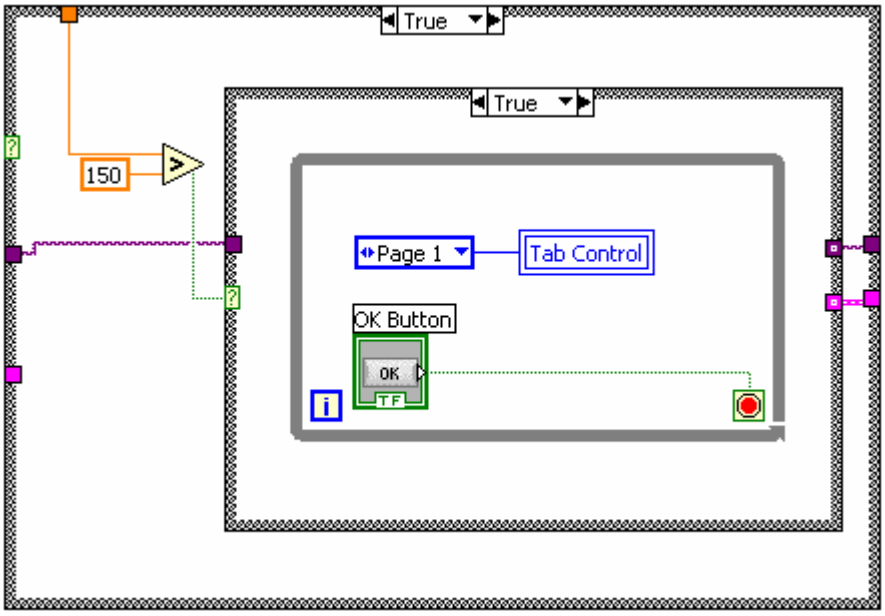


2.1.2 Cool off.vi

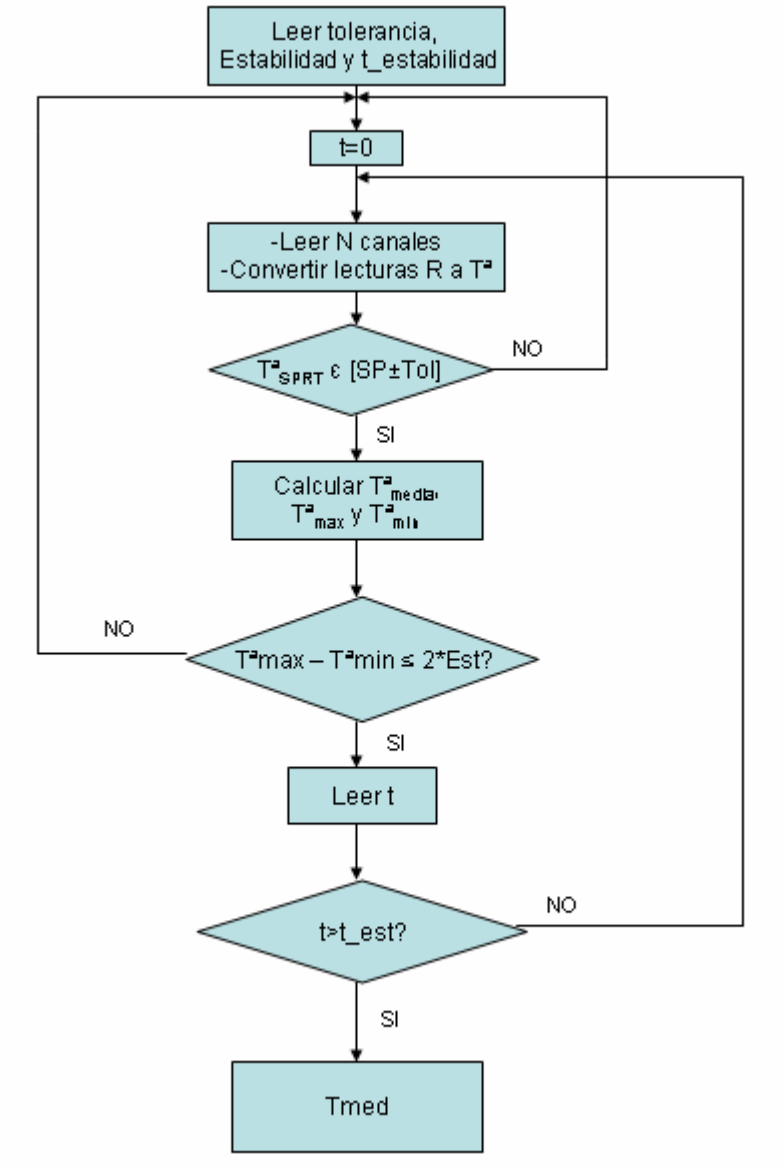
Escribimos el comando *f2=0* para apagar la función COOL del baño. Ponemos la variable COOL a 0 (COOL=OFF).



En el caso en que SP>150, el baño Hart Scientific modelo 7320, que es el que hemos estado utilizando hasta ahora no nos servirá ya que su rango de operación es de -20 a 150°C. Por lo tanto tendremos que cambiar de baño y para recordárnoslo, saldrá un cartel anunciándolo.

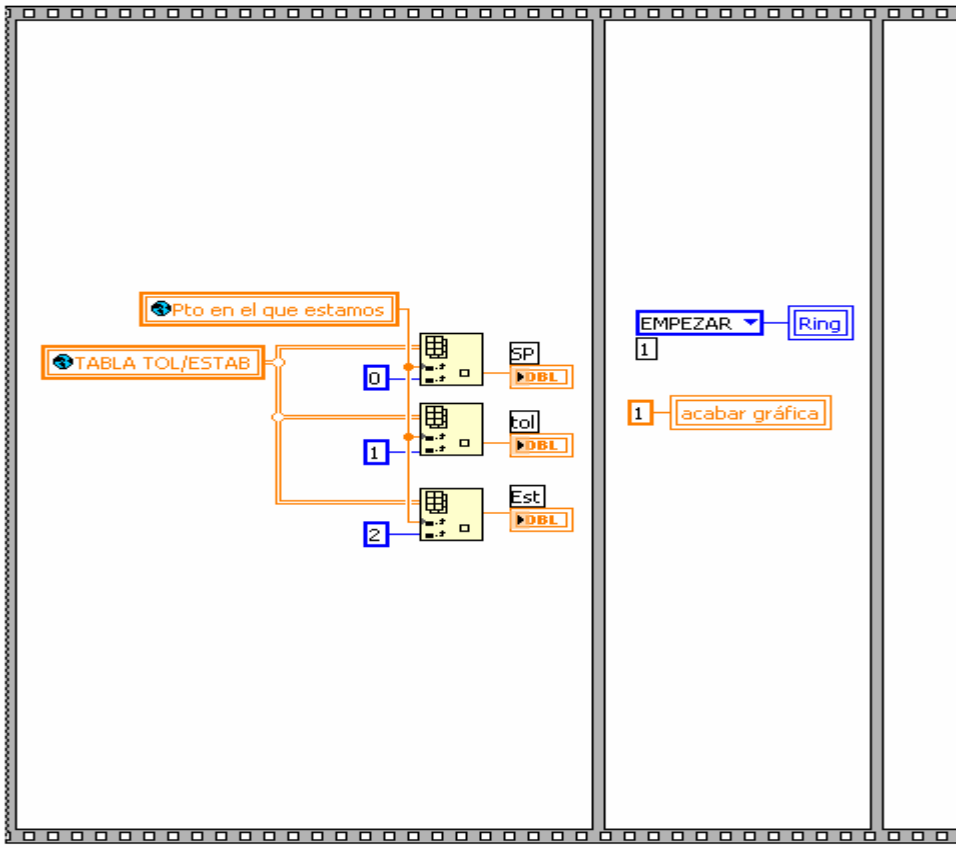


2.2 Procedimiento.vi

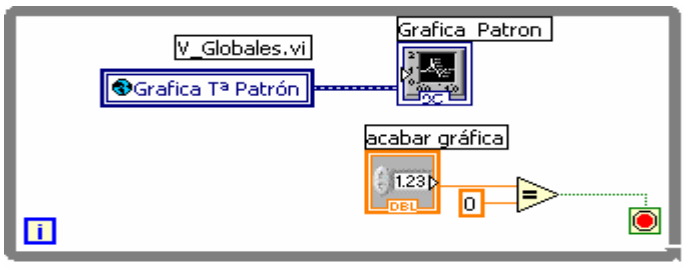


procedimiento

Para cada SP, leeremos su tolerancia y estabilidad de la tabla en la que anteriormente lo habíamos guardado. Estos dos datos los necesitaremos después para realizar la calibración.



Mientras que no acabe el proceso de calibración, se mostrará en un gráfico el valor de la temperatura del patrón y los límites en los que deberá estar comprendido (SP ± Tolerancia), para que el resultado pueda ser considerado como válido



Hay una estructura de CASE. Al empezar esta estructura la forzamos a 1 (Ring=Empezar).

Leemos los valores de las resistencias, tanto del patrón como de los EBP (Equipos Bajo Prueba).

Convertimos estos valores de resistencia a temperatura.

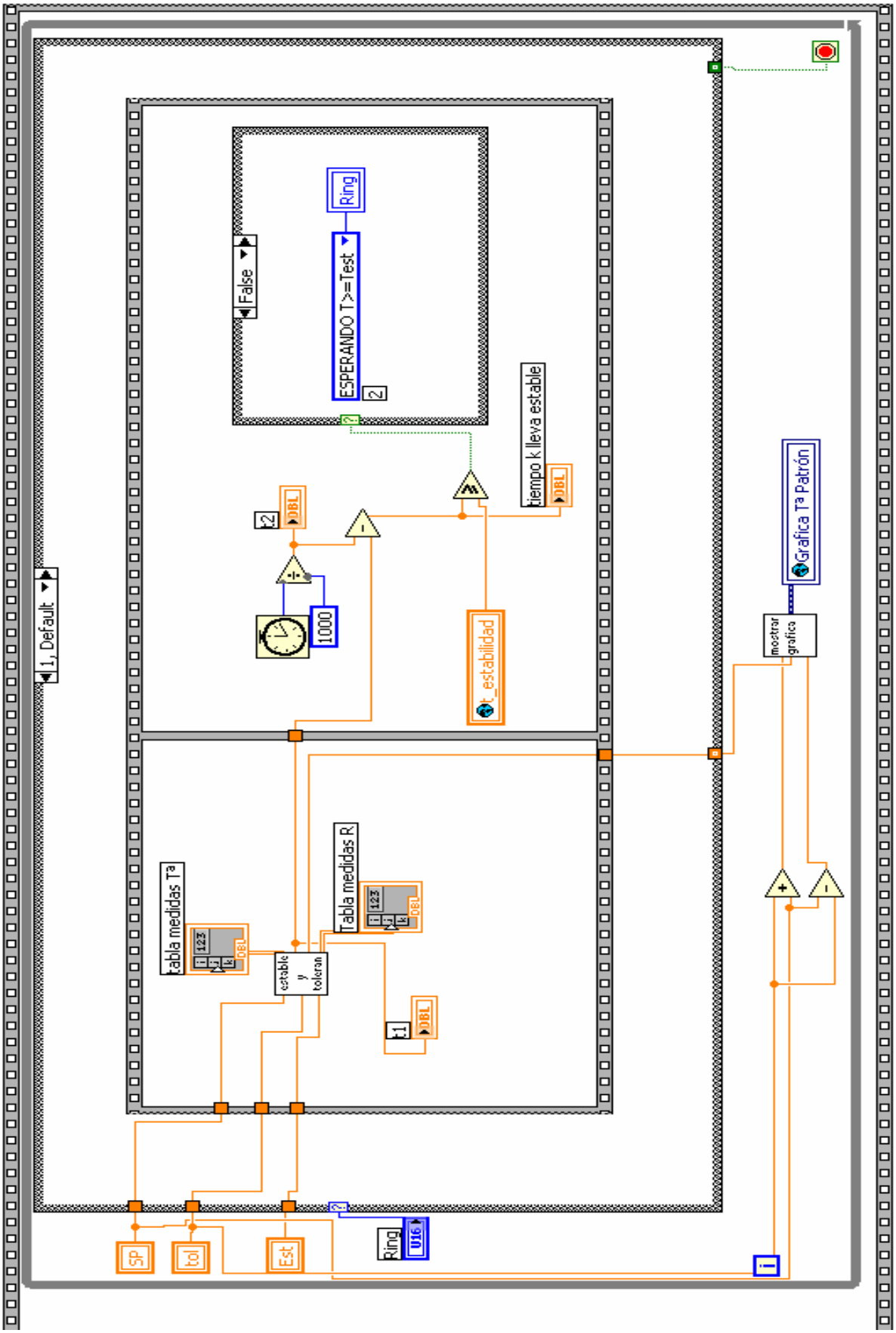
Comprobamos que el valor del patrón este dentro del rango SP±Tolerancia.

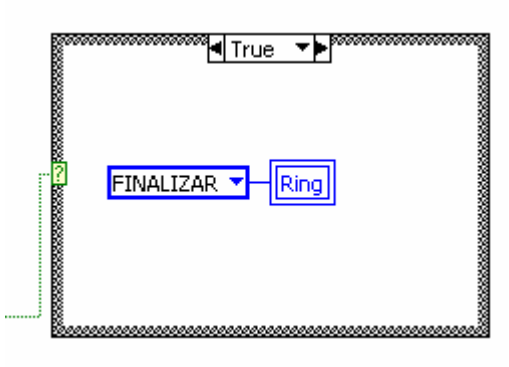
Cuando esté dentro de este rango, guardaremos los valores en tablas y calcularemos su media, valor máximo y mínimo.

A continuación comprobamos el que estos valores sean estables. Miramos que el valor *max-min = 2*Estabilidad.*

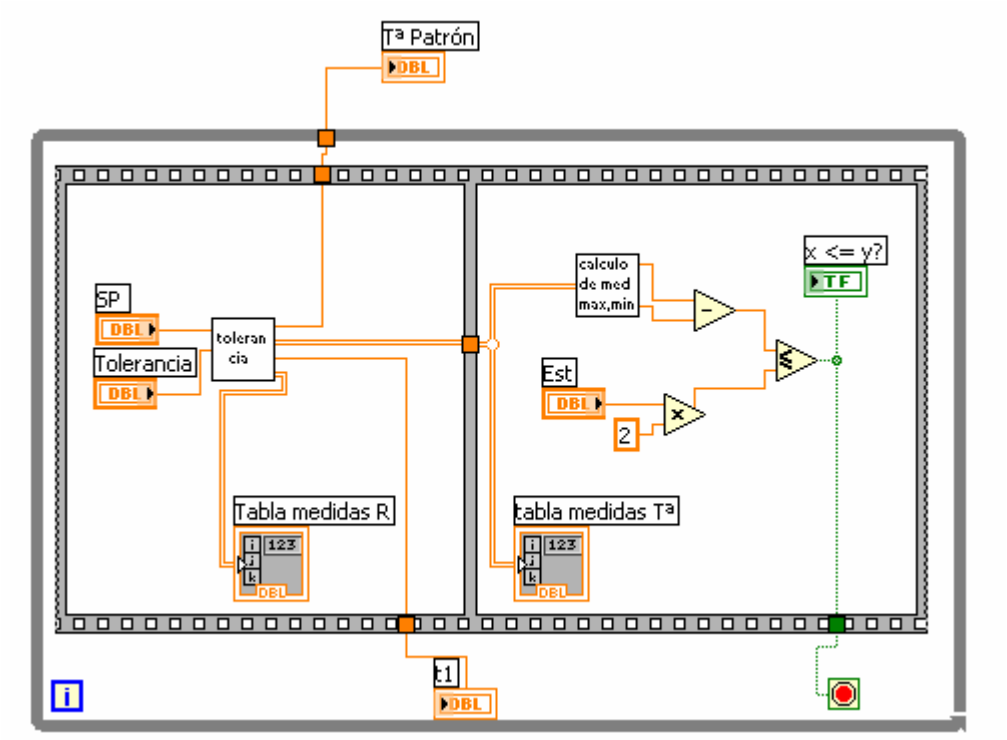
En el caso de que los valores no sean estables volveremos a empezar de nuevo. Si por el contrario si lo son, entonces miramos el tiempo que llevan siendo estables estos valores.

- Si *t_que_llevan_estables<t_estabilidad* forzamos el CASE 2 (ESPERANDO T=t_estabilidad).
- Si *t_que_llevan_estables>t_estabilidad* forzamos el CASE 0 (FINALIZAR).

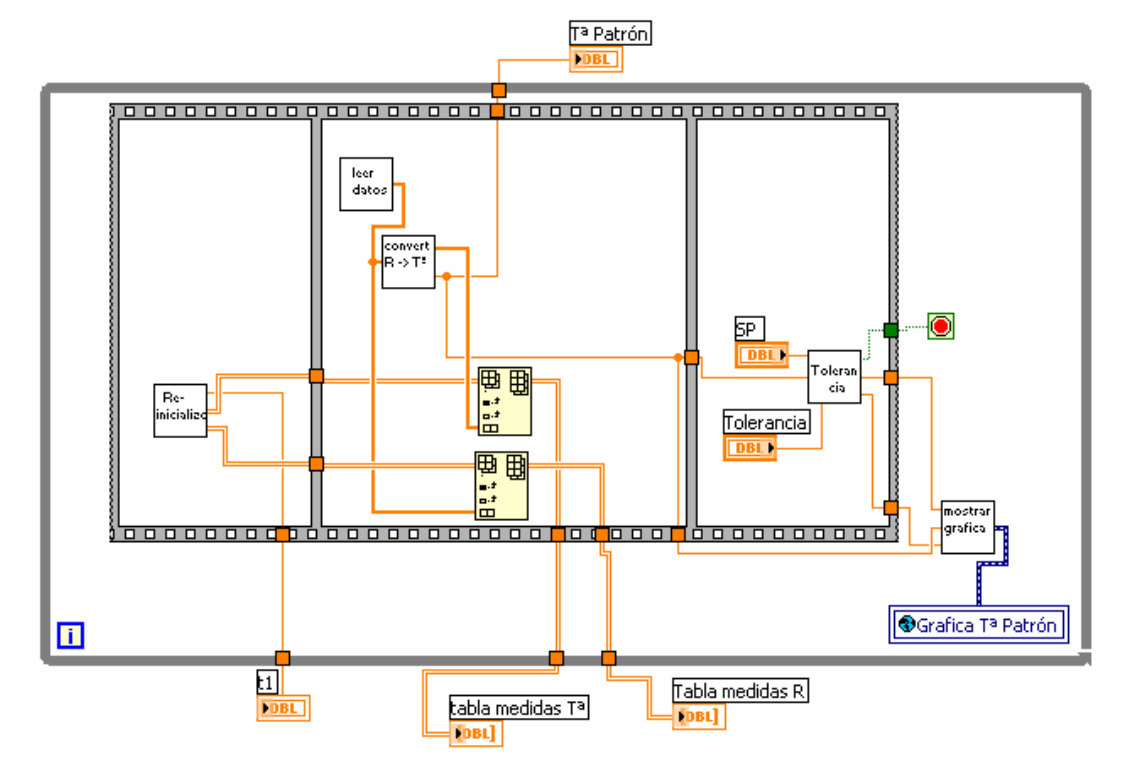

1, Default
False
Ring
ESPERANDO T>=Test
2
t2
DBL
1000
tiempo k lleva estable
t_estabilidad
Grafica Tª Patrón
mostrar grafica
Tabla medidas Tª
Tabla medidas R
estable y tolera
t1
SP
tol
Est
Ring
U16



2.2.1 estatbildad_y_tolerancia.vi

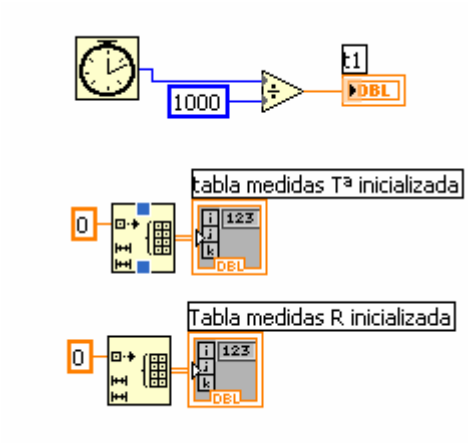


2.1.1.1 Tolerancia.vi



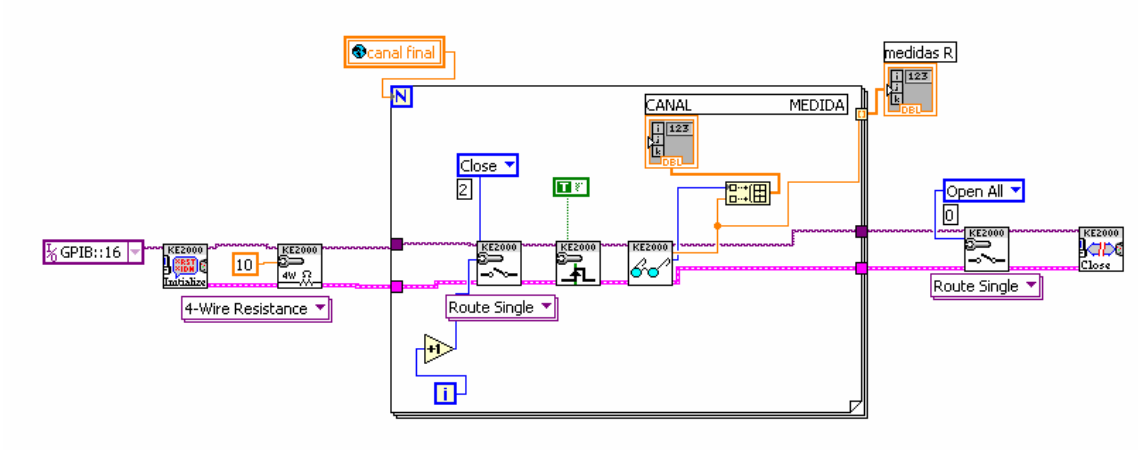
2.2.1.1.1 reinicializar.vi

Creamos unas tablas para poner en ellas después los valores que tomemos de las resistencias y temperaturas. Las inicializamos a 0.



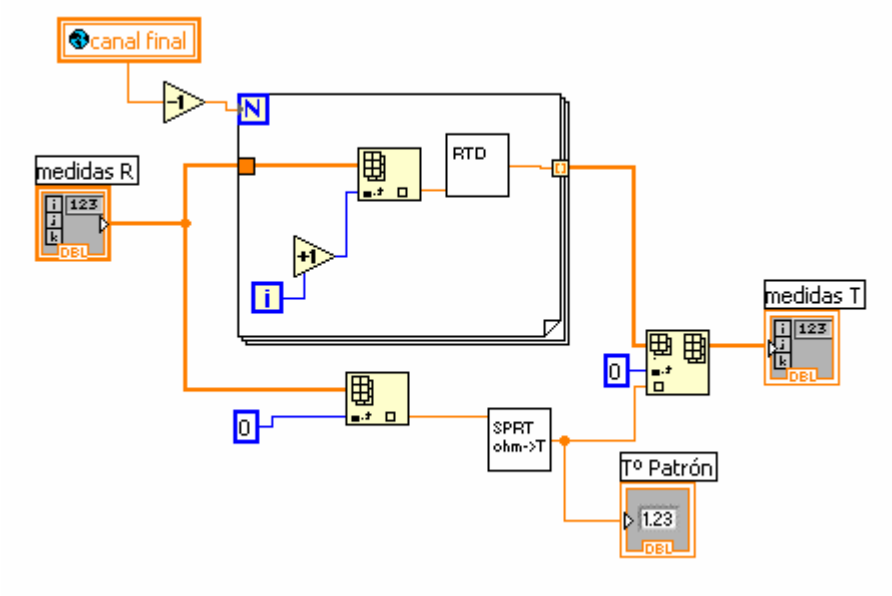
2.2.1.1.2 leer_datos.vi

Con este VI, comunicamos vía GPIB el PC con el multímetro *Keithley 2000.*
Tenemos que indicar la dirección en la que se encuentra el multímetro. Ésta es la 16.
Lo configuramos para que las lecturas que se realicen sean a 4 hilos.
Configuramos una única ruta posible a leer. Con la estructura FOR conseguimos leer uno a uno todos los canales.
Leemos todos los canales deseados y guardamos los valores de sus resistencias en una tabla.
Después abrimos todas las rutas de los diferentes canales, para dejarlo en su estado inicial.



2.2.1.1.3 Convertir_R_a_T_todas_lecturas.vi

Convertimos las lecturas que hemos tomado de resistencias a temperaturas. Esto lo hacemos teniendo en cuenta que siempre colocamos el patrón en el canal 1 y los EBP en el resto de canales.



2.2.1.1.3.1 OHM_Tª.vi

RTD Creamos un algoritmo para calcular la temperatura a partir de la resistencia medida por el multímetro. Lo hacemos mediante el método de aproximaciones sucesivas.
Para ello hemos tenido en cuenta:

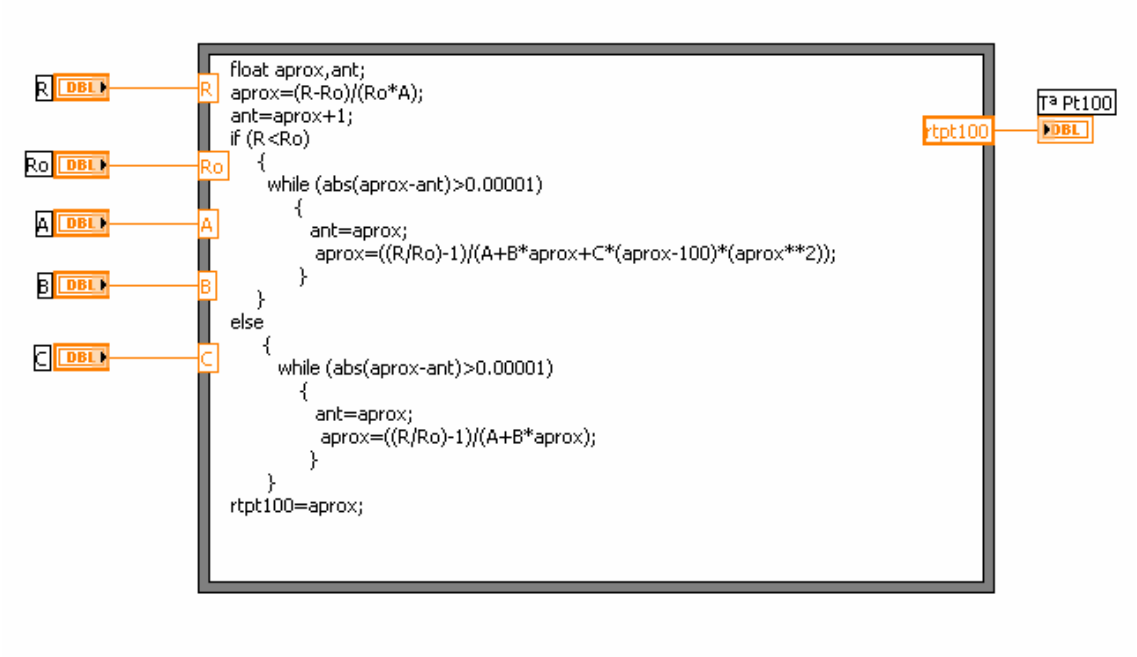
$R_0 = 100$
A = 3.9083E-3
B = -5.775E-7
C = -4.183E-13

Para valores de R<100 (Temperatura < 0°C)

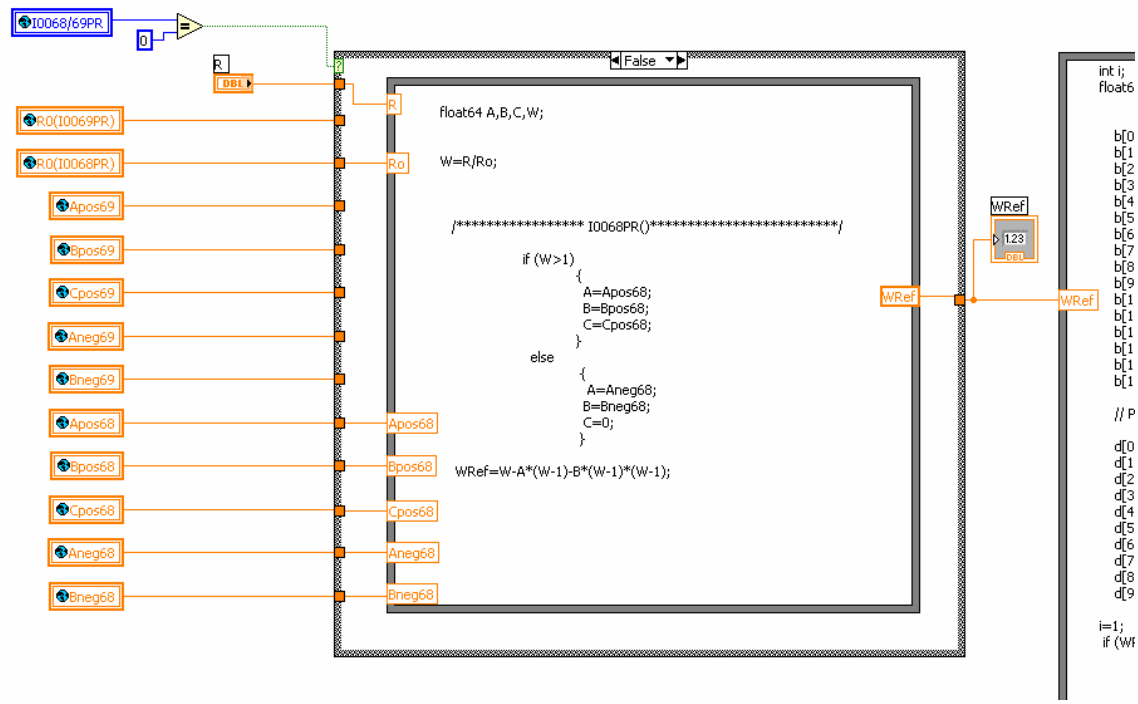
$$R = R_0 [1 + At + Bt^2 + C (t-100)^3]$$

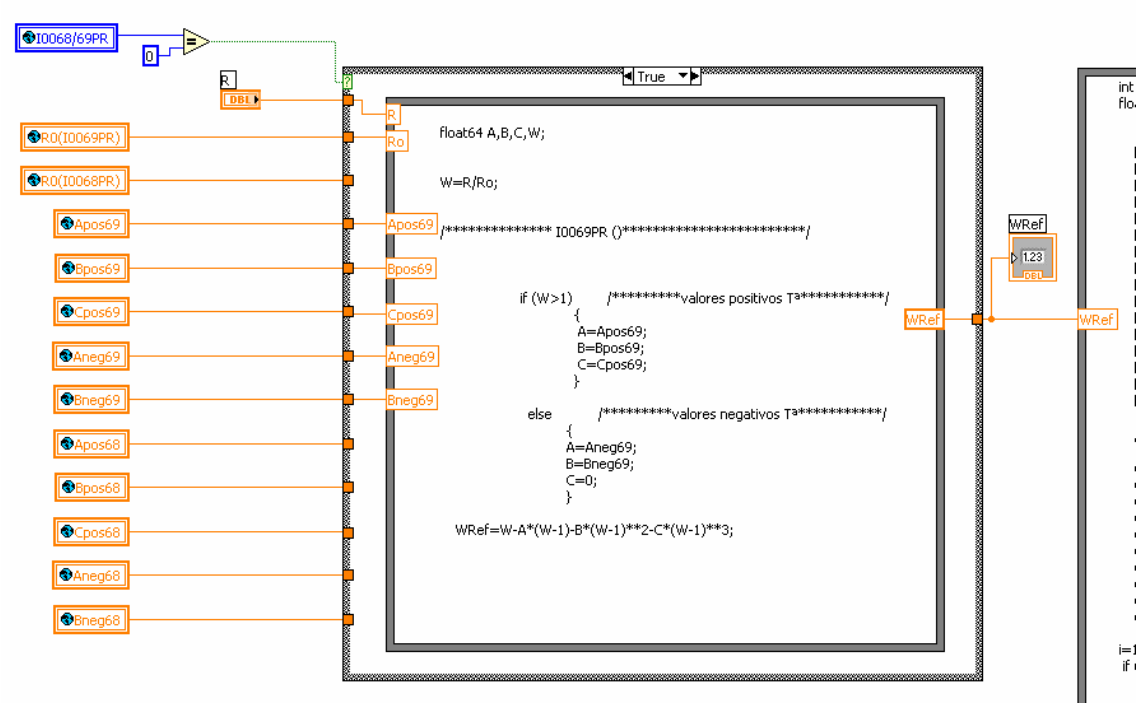
Para valores de R>100 (Temperatura > 0°C)

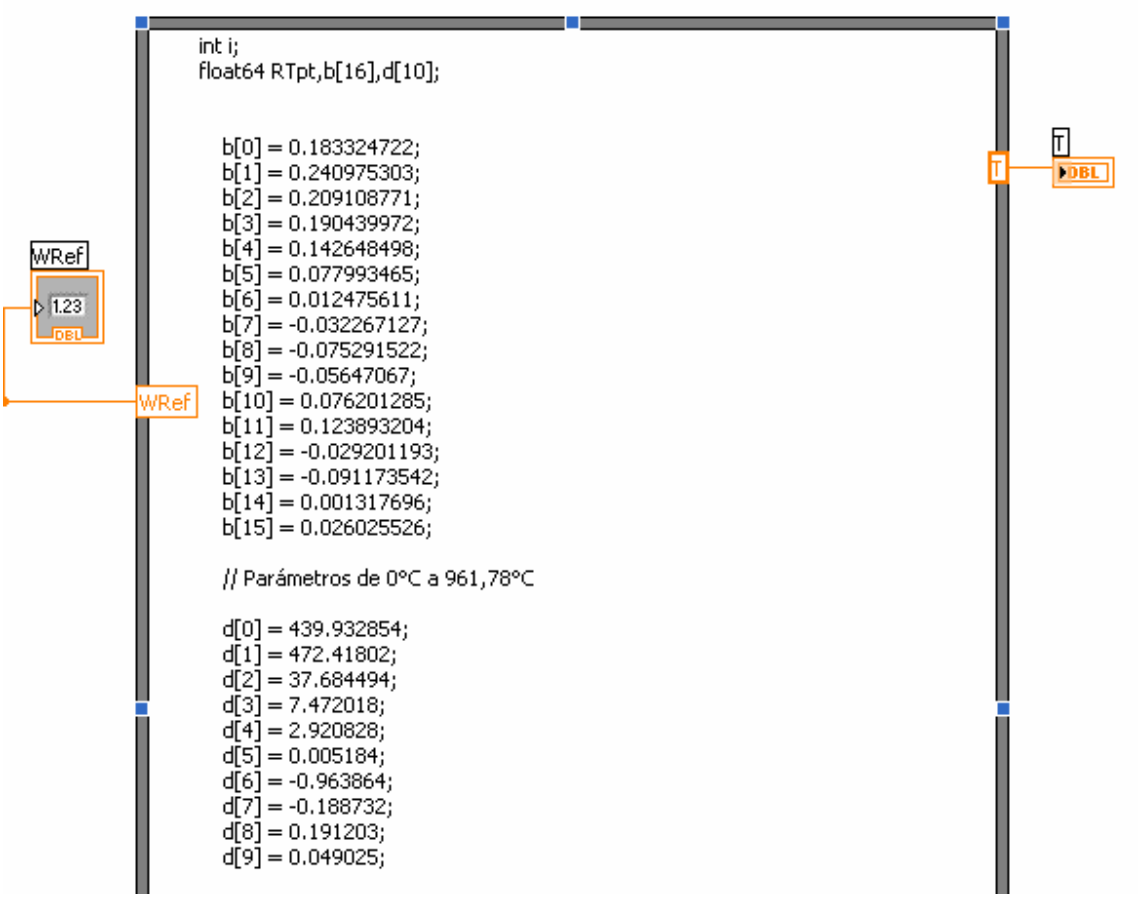
$$R = R_0 [1 + At + Bt^2]$$



2.2.1.1.3.2 SPRT.vi



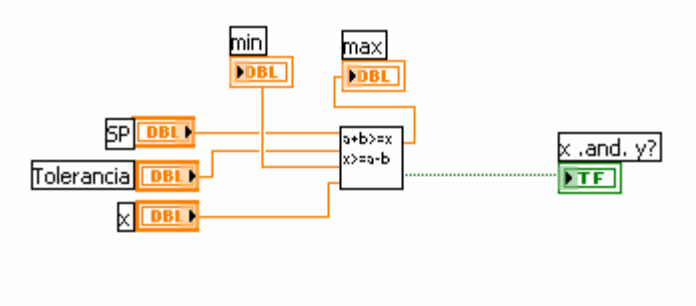

I0068/69PR
0
R
DBL
RO(I0069PR)
RO(I0068PR)
Apos69
Bpos69
Cpos69
Aneg69
Bneg69
Apos68
Bpos68
Cpos68
Aneg68
Bneg68
True
R
Ro
float64 A,B,C,W;
W=R/Ro;
Apos69
/************** I0069PR ()************************/
Bpos69
Cpos69
Aneg69
Bneg69
if (W>1) /*********valores positivos T*********/
{
A=Apos69;
B=Bpos69;
C=Cpos69;
}
else /*********valores negativos T*********/
{
A=Aneg69;
B=Bneg69;
C=0;
}
WRef=W-A*(W-1)-B*(W-1)**2-C*(W-1)**3;
WRef
1.23
DBL
WRef
int
flo
i=1
if


int i;
float64 RTpt,b[16],d[10];
b[0] = 0.183324722;
b[1] = 0.240975303;
b[2] = 0.209108771;
b[3] = 0.190439972;
b[4] = 0.142648498;
b[5] = 0.077993465;
b[6] = 0.012475611;
b[7] = -0.032267127;
b[8] = -0.075291522;
b[9] = -0.05647067;
b[10] = 0.076201285;
b[11] = 0.123893204;
b[12] = -0.029201193;
b[13] = -0.091173542;
b[14] = 0.001317696;
b[15] = 0.026025526;
// Parámetros de 0°C a 961,78°C
d[0] = 439.932854;
d[1] = 472.41802;
d[2] = 37.684494;
d[3] = 7.472018;
d[4] = 2.920828;
d[5] = 0.005184;
d[6] = -0.963864;
d[7] = -0.188732;
d[8] = 0.191203;
d[9] = 0.049025;
WRef
1.23
DBL
WRef
T
T
DBL

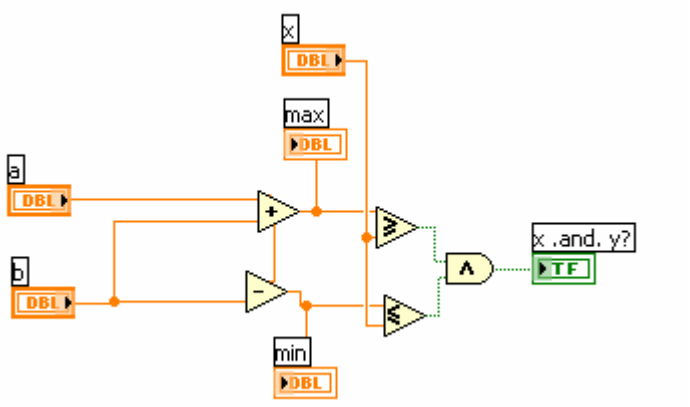
```
i=1;
 if (WRef< 1)
                {
                 RTpt = b[0];
                 while( i <16){
                        RTpt = RTpt + b[i] * ((WRef ** (1 / 6) - 0.65) / 0.35) ** i;
                         i++;}
                 T = 273.16 * RTpt - 273.15;
                }

 else
                {
                RTpt = d[0];
                while (i <10){
                            RTpt = RTpt + d[i] * ((WRef - 2.64) / 1.64) ** i;
                             i++;}
                 T=RTpt;
                 }
```

2.2.1.1.4 Comprobar_tolerancia.vi

Comprobamos si la temperatura del patrón está dentro del rango SP±Tolerancia.

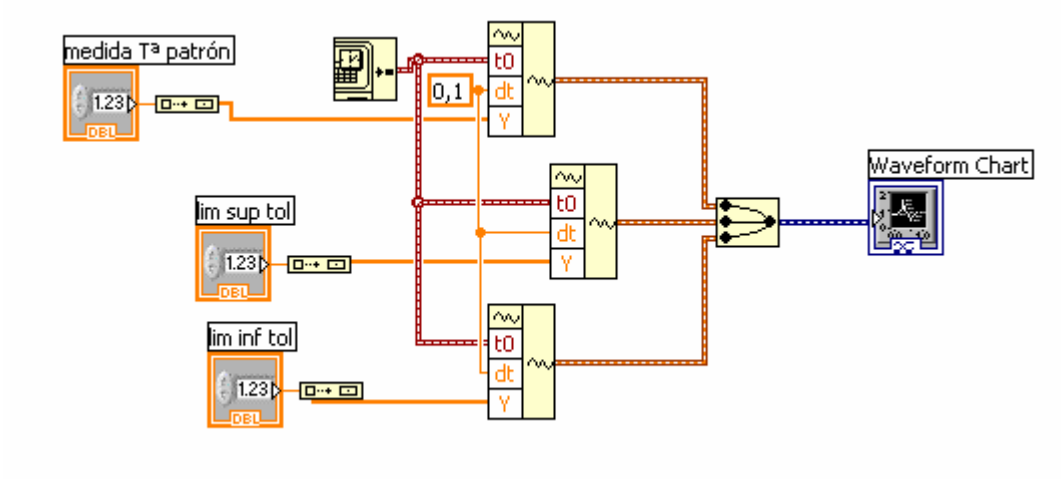


2.2.1.1.4.1 dentro de rango.vi



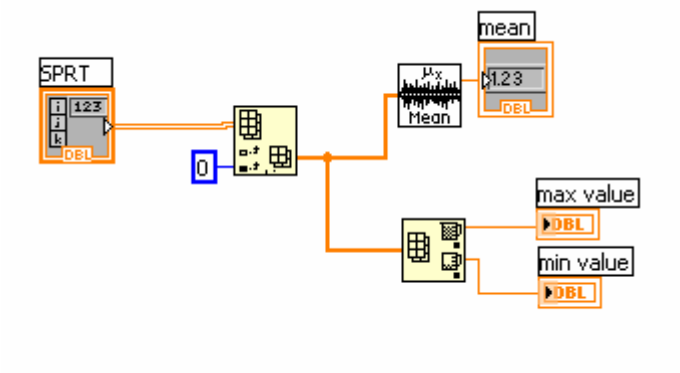
2.2.1.1.5 Mostrar_grafica.vi

VI que sirve para mostrar una gráfica con el valor de la Tª del Patrón y los límites entre los que debe estar antes de comenzar a ver si es estable (límites => SP±Tolerancia).



2.2.1.2 Calculo_media_max_min.vi

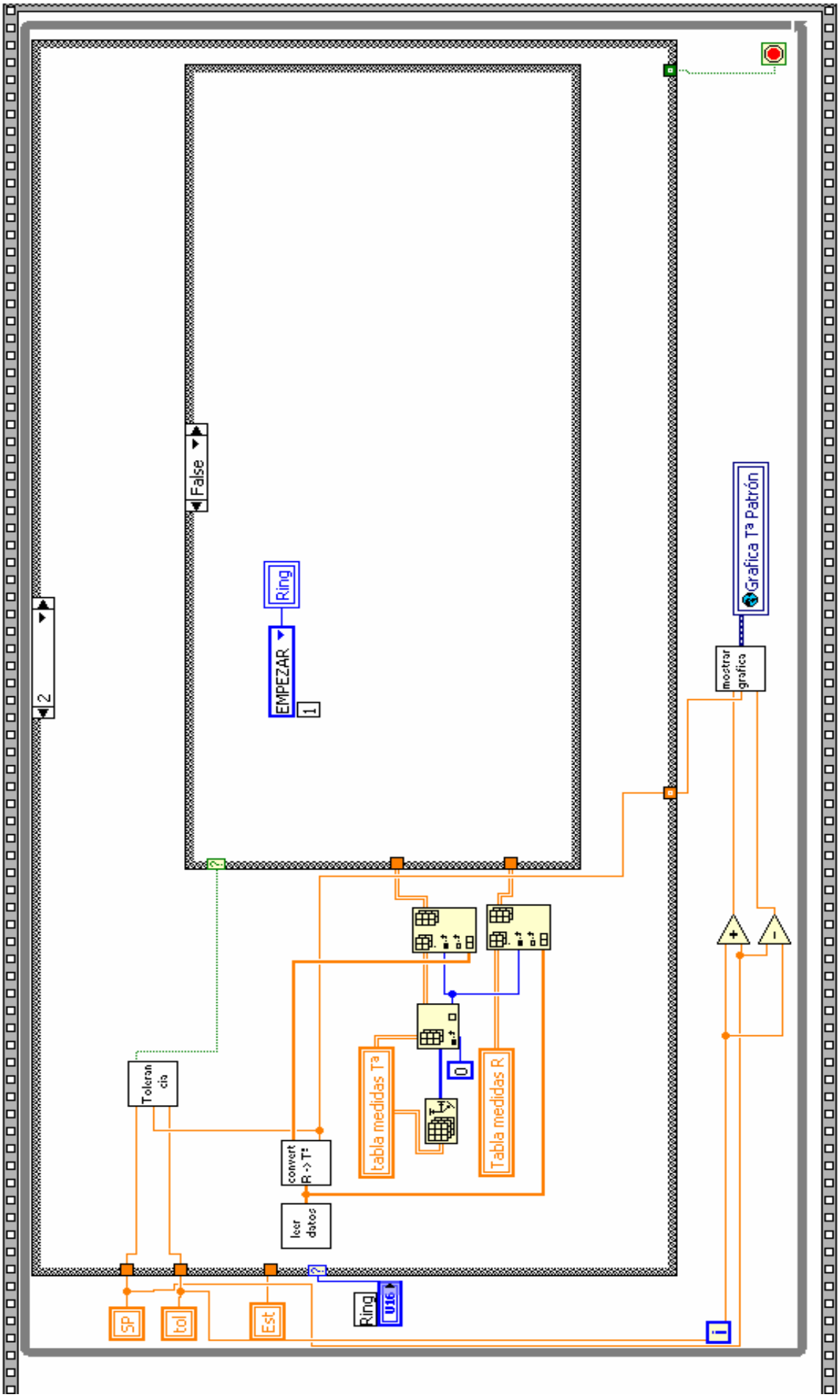
Los valores de la Tª del Patrón han sido guardados en una tabla. Calculamos la media, el valor máximo y mínimo de estos valores.

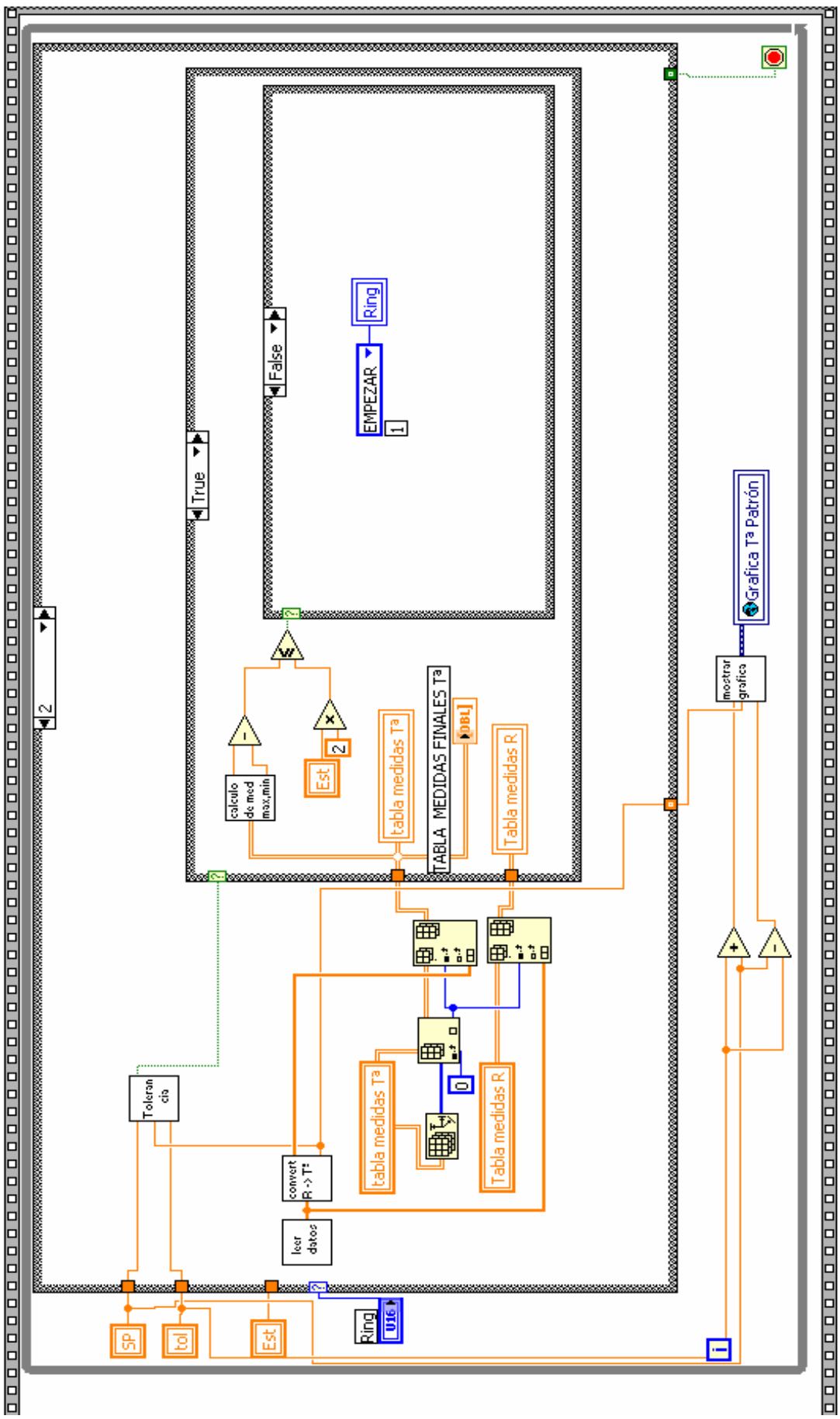


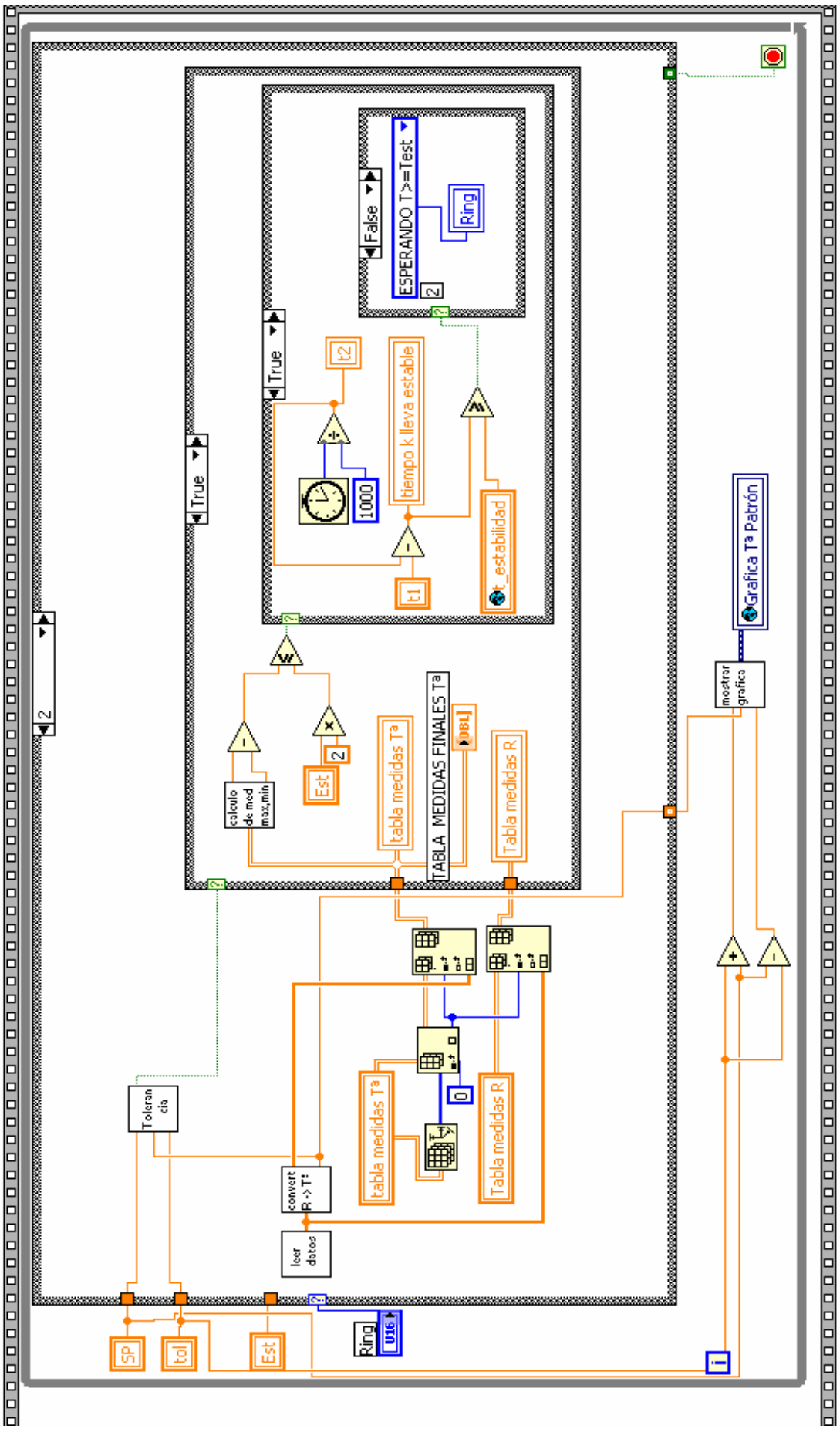
CASE 2: Entramos aquí cuando se ha cumplido todo lo que se pedía en el contenido de la estructura CASE 1.

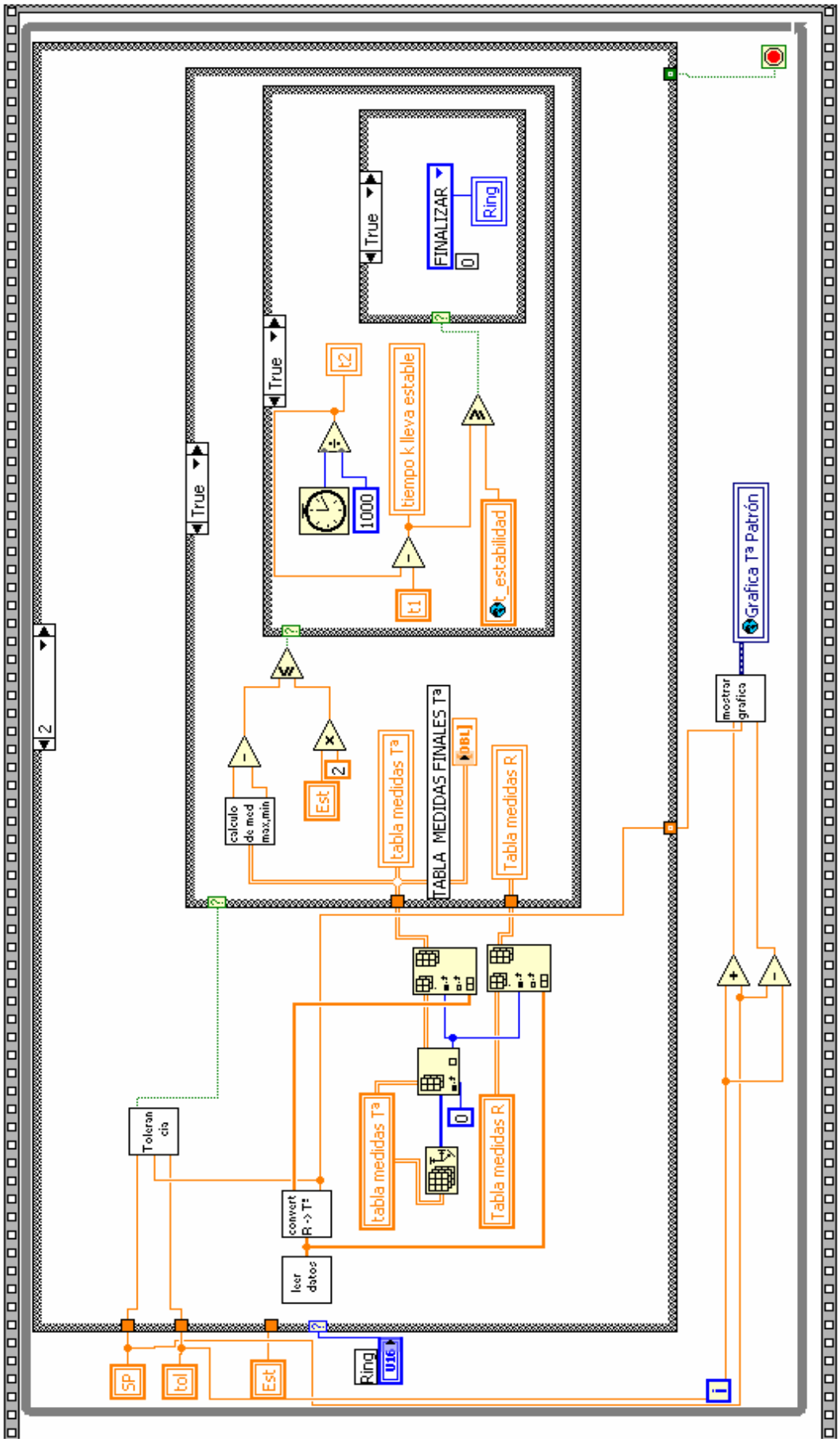
Tomamos medidas otra vez con el multímetro, y volvemos a mirar si la lectura que acabamos de tomar del patrón, está dentro de la tolerancia, si no es así volvemos a empezar (CASE 1).

Si por el contrario si está dentro de la tolerancia, volvemos a mirar si es estable.
Si no lo es, volvemos a empezar el proceso CASE 0 (EMPEZAR).
Si es estable, miramos si el tiempo que lleva estable es > t_est.
Si el tiempo no es el necesario, volvemos a realizar CASE 2 desde el principio.
En el caso de que el tiempo que lleva estable es = t_est, forzamos CASE 0 (FINALIZAR).

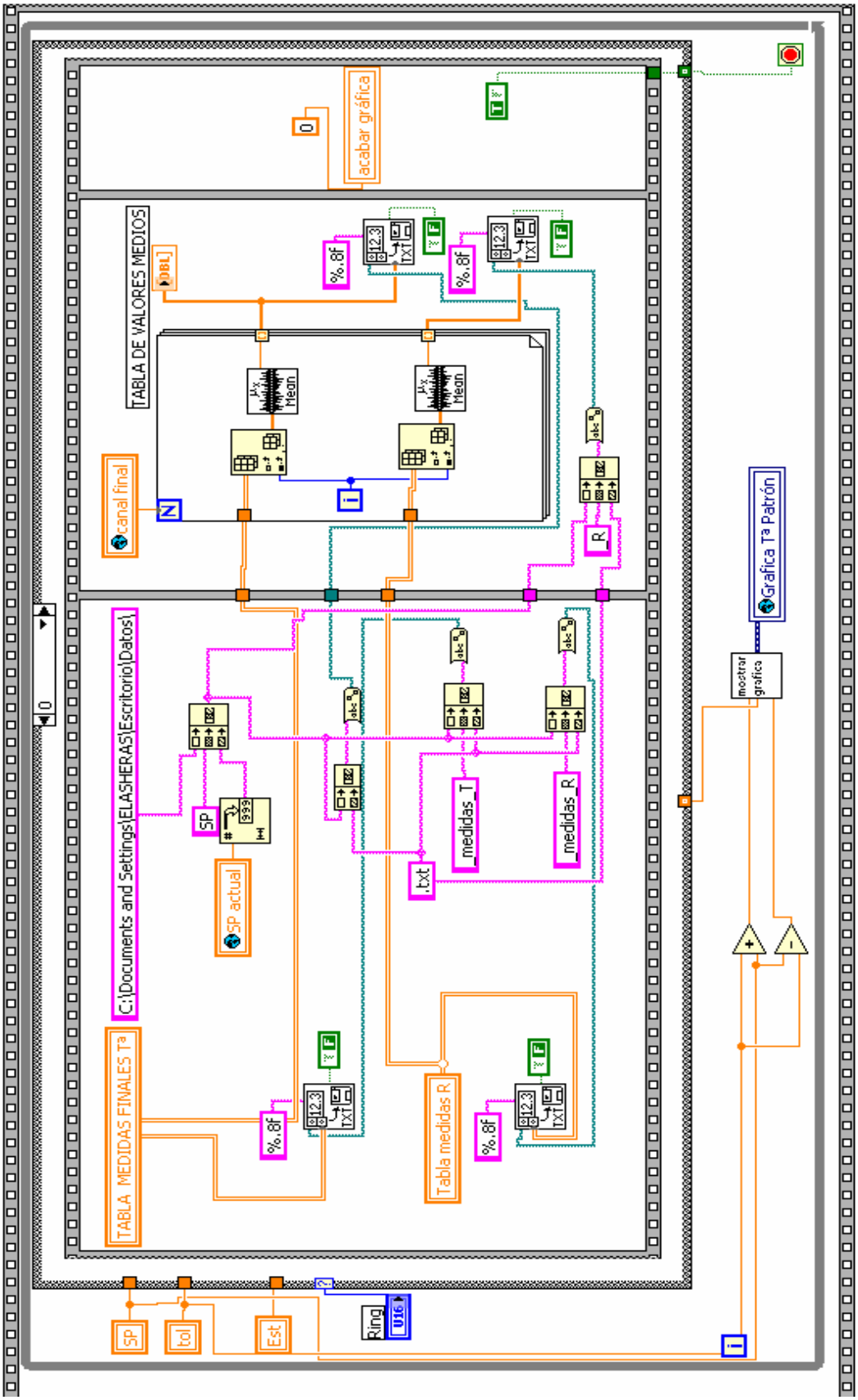

False
Ring
EMPEZAR
1
2
Grafica Tª Patrón
mostrar grafica
Tolerancia
convert R->Tª
leer datos
tabla medidas Tª
Tabla medidas R
0
SP
tol
Est
Ring
U16
i


Ring
EMPEZAR
1
False
True
2
Est
2
calculo de med max,min
tabla medidas Ta
TABLA MEDIDAS FINALES Ta
DBL
Tabla medidas R
Grafica Ta Patrón
mostrar grafica
Toleran cia
convert R -> Ta
leer datos
tabla medidas Ta
Tabla medidas R
0
SP
tol
Est
Ring
U16
i


ESPERANDO T>=Test
False
Ring
True
t2
1000
tiempo k lleva estable
t1
t_estabilidad
True
2
calculo dc med max,min
Est
2
tabla medidas Tª
TABLA MEDIDAS FINALES Tª
DBL
Tabla medidas R
Grafica Tª Patrón
mostrar grafica
Toleran cia
convert R->Tª
leer datos
tabla medidas Tª
Tabla medidas R
0
SP
tol
Est
Ring
U16
i

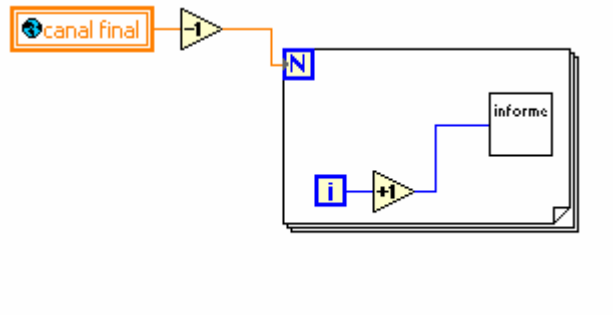

True
FINALIZAR
Ring
0
True
t2
1000
tiempo k lleva estable
t1
t_estabilidad
True
2
calculo de med max,min
Est
2
tabla medidas Tª
TABLA MEDIDAS FINALES Tª
DBL
Tabla medidas R
Grafica Tª Patrón
mostrar grafica
Toleran cia
convert R->Tª
leer datos
tabla medidas Tª
Tabla medidas R
0
SP
tol
Est
Ring
U16

Cuando se ejecuta CASE 0: FINALIZAR, lo que se hace es la media de las lecturas tomadas y guardadas en las tablas.
Se crean 4 ficheros de texto para cada SP, dos de las medidas de temperatura y dos de resistencias. En uno se ponen todos los valores tomados que cumplían todos los requisitos antes comentados, y en otro las medias.


acabar gráfica
TABLA DE VALORES MEDIOS
canal final
Grafica Tª Patrón
mostrar grafica
C:\Documents and Settings\ELASHERAS\Escritorio\Datos\
SP
SP actual
medidas_T
medidas_R
.txt
TABLA MEDIDAS FINALES Tª
Tabla medidas R
%.8f
Ring
SP
tol
Est

3. Crear informes.vi

Se crea un informe por cada canal (por cada EBP).



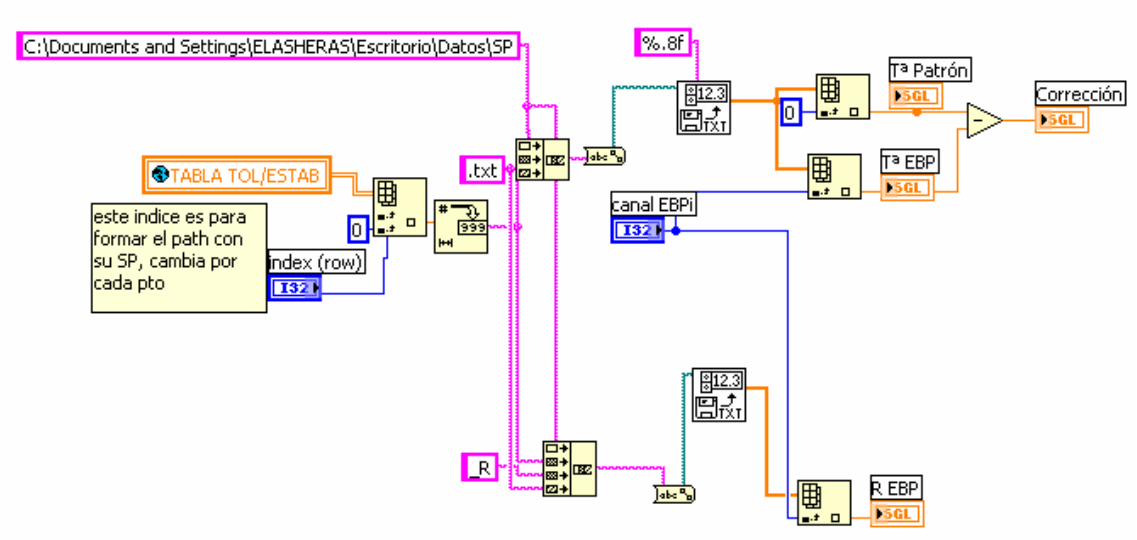
3.1 informe.vi

Con este VI lo que hacemos es rellenar la plantilla que hay para calibrar Pt100.
Los datos que ponemos son:

- Hora Inicio calibración.
- Hora Finalización.
- Equipo que ha sido calibrado.
- Tª media del Patrón
- Tª media del EBP.
- Correción
- Tolerancia.
- Se rellena el campo *|Corrección| £ Tolerancia en todos los puntos* con unas XXXX según si se cumple o no.

3.1.1 datos_informe_word.vi

Calcula la corrección para cada EBP.
Tª Patrón – Tª EBP


C:\Documents and Settings\ELASHERAS\Escritorio\Datos\SP
%.8f
Tª Patrón
Corrección
TABLA TOL/ESTAB
.txt
Tª EBP
canal EBPi
este indice es para formar el path con su SP, cambia por cada pto
index (row)
_R
R EBP

4. MANUAL DE USUARIO

1. OBJETO

El objeto es la calibración de termorresistencias de platino (PT's) acordes a norma EN 60 751 (DIN 43760) por comparación en un baño isotermo, con una frecuencia de 60 semanas.

La norma EN 60 751 establece la curva resistencia/temperatura acorde a las siguientes fórmulas:

$$R(t) = R_0 \cdot \left(1 + A \cdot t + B \cdot t^2\right) \; para \; t \geq 0$$
$$R(t) = R_0 \cdot \left(1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + C \cdot (t - 100) \cdot t^3\right) \; para \; t < 0$$

donde,

$$R_0 = 100[\Omega]$$
$$A = 3{,}9083 \cdot 10^{-3}\left[^\circ C^{-1}\right]$$
$$B = -5{,}775 \cdot 10^{-7}\left[^\circ C^{-2}\right]$$
$$C = -4{,}183 \cdot 10^{-12}\left[^\circ C^{-4}\right]$$

y se establecen dos tolerancias:

$$Clase\ A: \pm \left(0{,}15 + 0{,}002 \cdot |t|\right)[^\circ C]$$
$$Clase\ B: \pm \left(0{,}30 + 0{,}005 \cdot |t|\right)[^\circ C]$$

adicionalmente y para cubrir nuestras necesidades se establecen dos clases más que se definen como:

$$1/3\ Clase\ B: \frac{Clase\ B}{3}[^\circ C]$$
$$1/10\ Clase\ B: \frac{Clase\ B}{10}[^\circ C]$$

2. EQUIPO DE PRUEBA

- Baño/s de calibración que cubra/n el rango de temperatura a calibrar.

- Instrumento de medida de ohmios a 4 hilos Keithley 2000 (resolución mínima 1mO).

- Termómetro patrón modelo 162N o 162CE. (incertidumbre de medida ≤ 0,05K).

3. PRECAUCIONES GENERALES

- Los equipos utilizados en la calibración, termómetro patrón y ohmímetro, se encontrarán dentro de su período de vigencia de calibración.

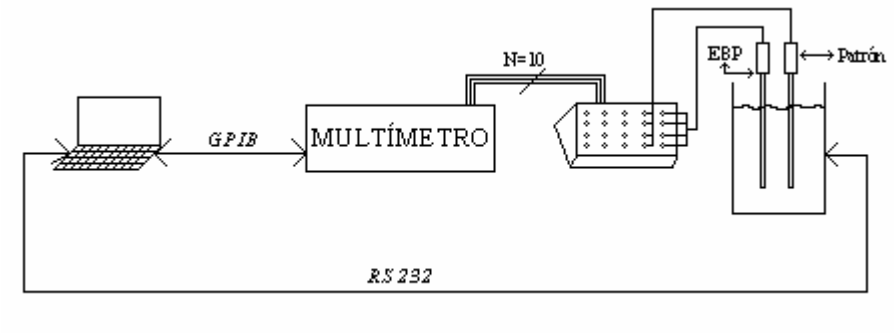
- Comprobar que la temperatura ambiente se encuentra a 23°C ± 2ºC y la humedad relativa entre 20% y 70%.

- Asegurar una inmersión adecuada de la termorresistencia y sonda del termómetro patrón. Como norma general asegurar una inmersión mínima igual a 20 veces el diámetro de la sonda.

- Extremar precauciones a altas temperaturas y proveer una adecuada ventilación del área de trabajo.

4. INSTRUCCIONES

4.1 PREVIAS



- Seleccionar el/los baño/s y termómetro/s patrón adecuados a dicho rango.

- Conectar el patrón al canal 1del multímetro y la/s termorresistencia/s (EBP) en los canales siguientes

- Introducir el/los EBP y el termómetro patrón en el baño

- Conectar el baño al COM1 PC mediante un cable RS-232.

- Conectar el multímetro *Keithley 2000* al PC con un cable para GPIB

- Encender el multímetro.

- Encender el baño.

- Configurar el baño Hart Scientific modelo 7320:

  - Poner el botón *COOLING* a *OFF*.

Figure 2 Front Panel

- Pulsar **EXIT** mientras pulsas **SET**
- Pulsar **SET** repetidamente hasta que en el display pueda leerse *"Probe"*.
- Presiona **UP** repetidamente hasta que en el display se lea *"Serial"*.
- Presiona **SET.**

- En el display se verá *"Baud"*. Pulsa **SET**.
- Pulsa **UP** o **DOWN** para cambiar la velocidad a 2400.
- Pulsa **SET** para cargar el nuevo valor de velocidad de transmisión.

- El siguiente parámetro a modificar es *"sample"*
- Pulsa **UP** o **DOWN** para cambiar el valor a 0.
- Pulsa **SET** para cargar el nuevo valor

- El siguiente parámetro a modificar es *"Duplex mode"*
- Pulsa **UP** o **DOWN** para configurarlo como *"Full"*
- Pulsa **SET** para cargar el nuevo valor

- El último parámetro a modificar el *"Linefeed"*
- Pulsa **UP** o **DOWN** para configurarlo como *"On"*
- Pulsa **SET** para cargar el nuevo valor

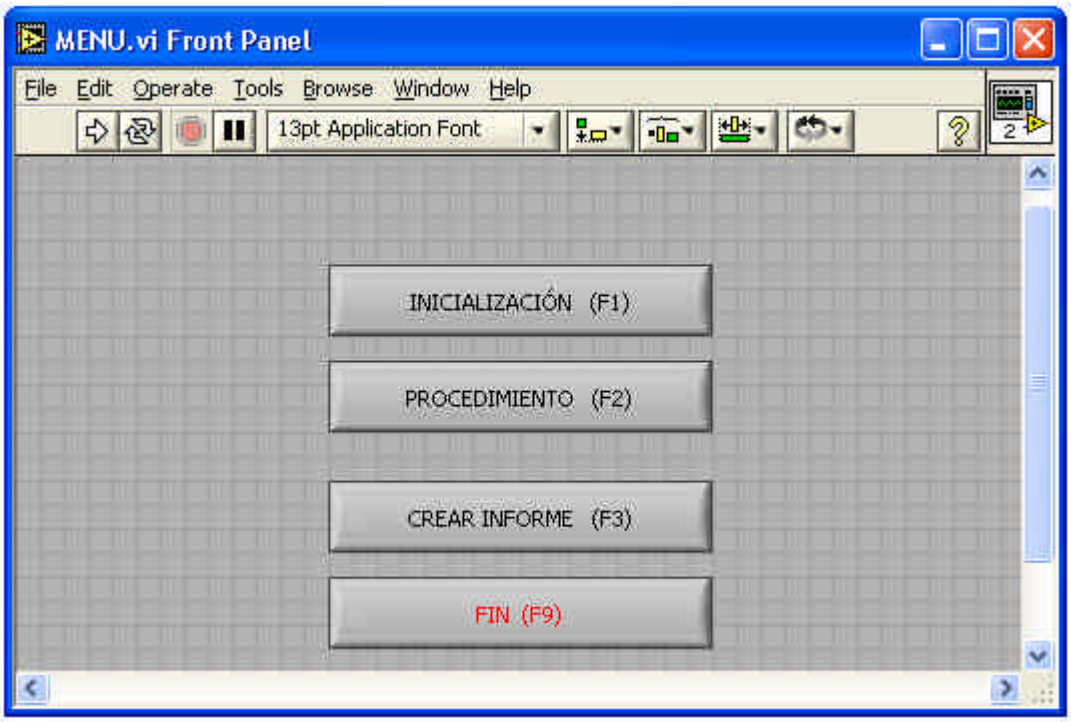
4.2 CALIBRACIÓN

Pasos a seguir para utilizar el programa creado para la calibración:

Hacer doble clic sobre el icono de National Instruments LabVIEW 7.1.
Al hacerlo aparece la siguiente pantalla:
.

Hacer clic sobre Open, y abrir MENU.Vi, que se encuentra en la ruta **C:\Documents and Settings\ELASHERAS\Escritorio\Datos\MENU.vi**

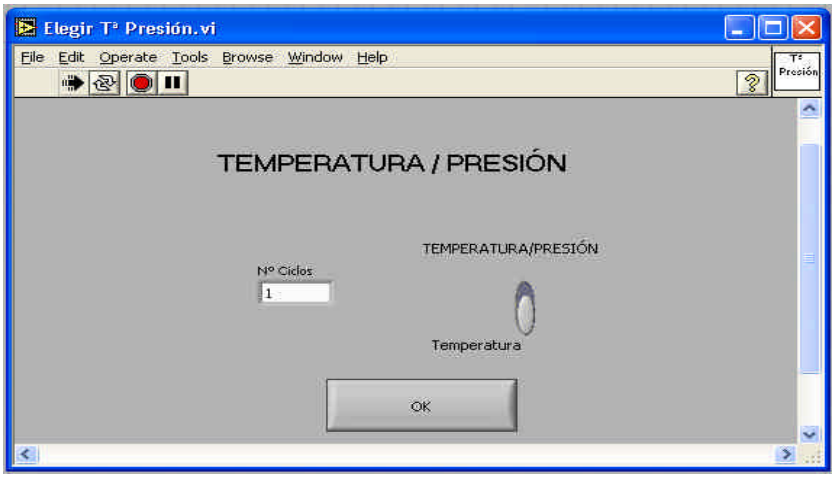
A continuación aparecerá la siguiente pantalla:



Para empezar el programa pulsaremos las teclas C*trl+R* o pulsaremos con el raton sobre la figura .

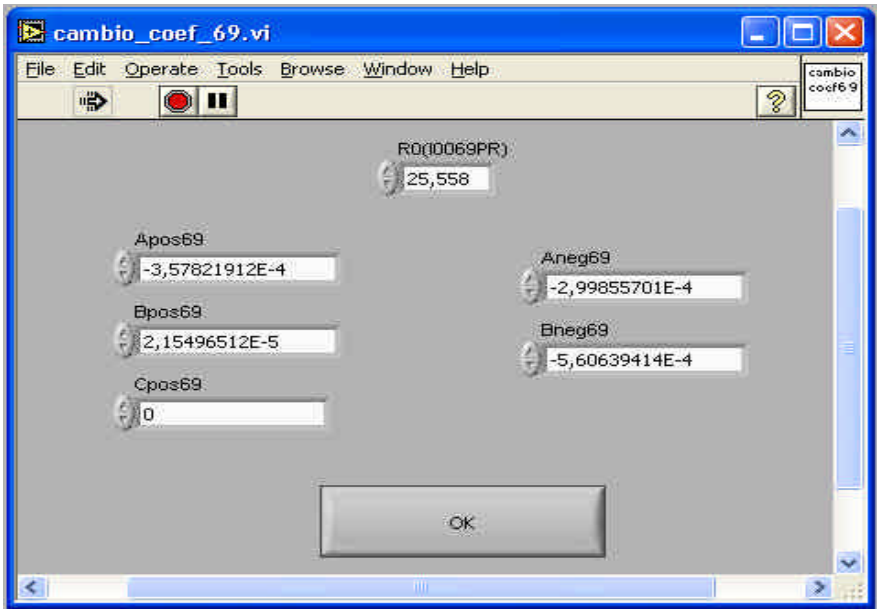
Primero se procede a la Inicialización. Pulsar **F1**.
A continuación salen una serie de pantallas.

En la primera se puede escoger entre calibrar Temperatura o Presión. Como vamos a calibrar Temperatura basta con pulsar **ENTER**.

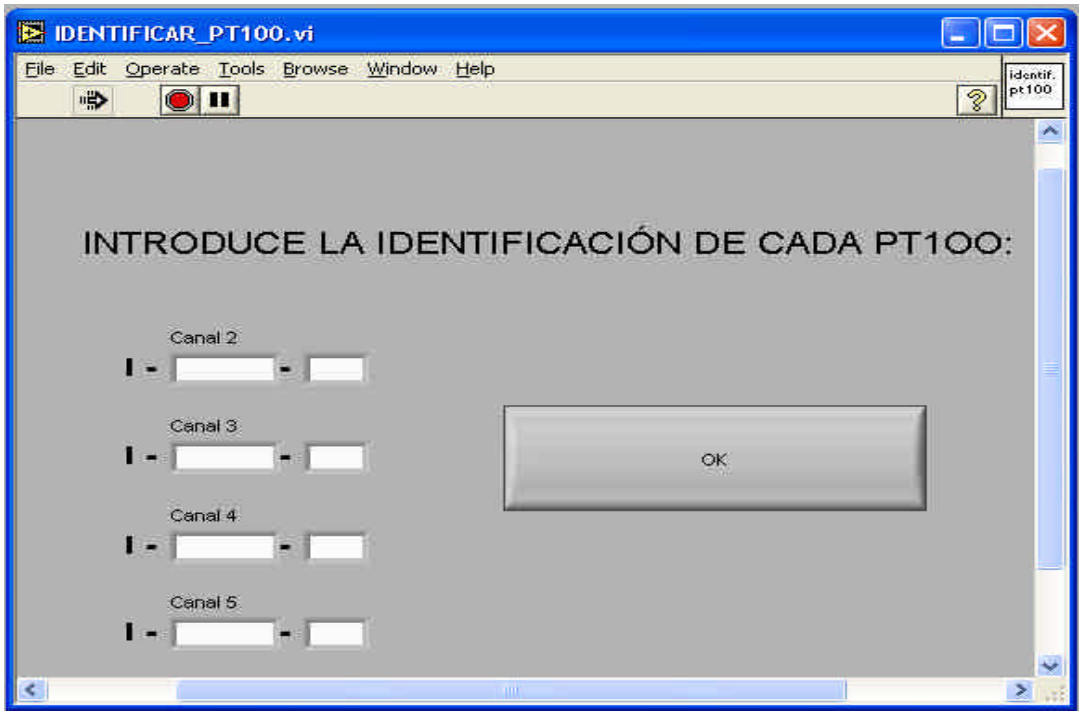


Escoger la SPRT empleada como patrón **(I-0068-PR ó I-0069-PR)**
Comprobar si los coeficientes son los mismos o han cambiado debido a que se han llevado a calibrar. Pulsar sobre **VER COEFICIENTES**
Pulsar **ENTER**

Si los coeficientes son diferentes hay que cambiarlos. Escribirlos en las diferentes casillas.
Pulsar **ENTER**



Identificar cada canal con el EBP asociado. Escribir su número de identificación.
Pulsar **ENTER**

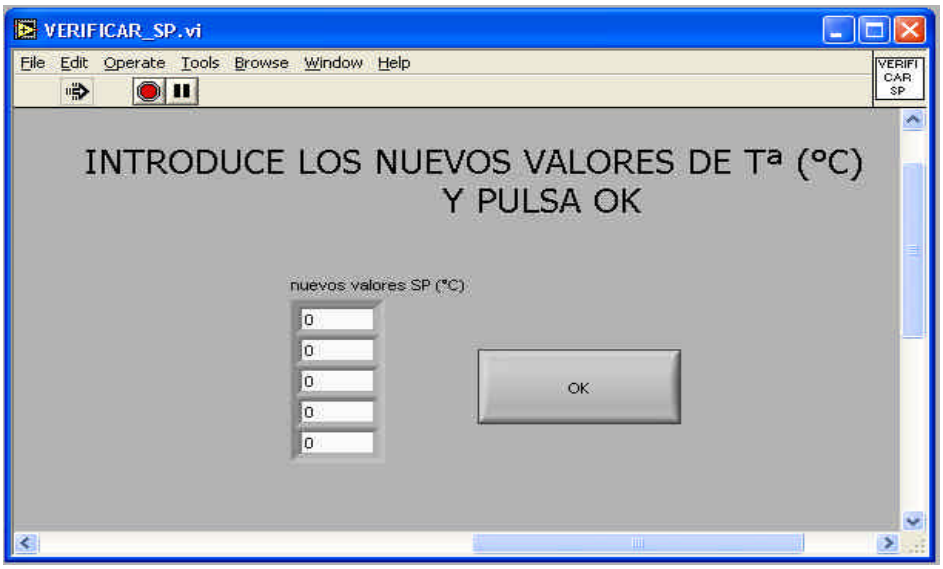


Escribir el número de canales del multímetro Keithley 2000 que se utilizan (Canal 1 para patrón, Canal2 EBP1, Canal3 EBP2,…)
Pulsar **ENTER**

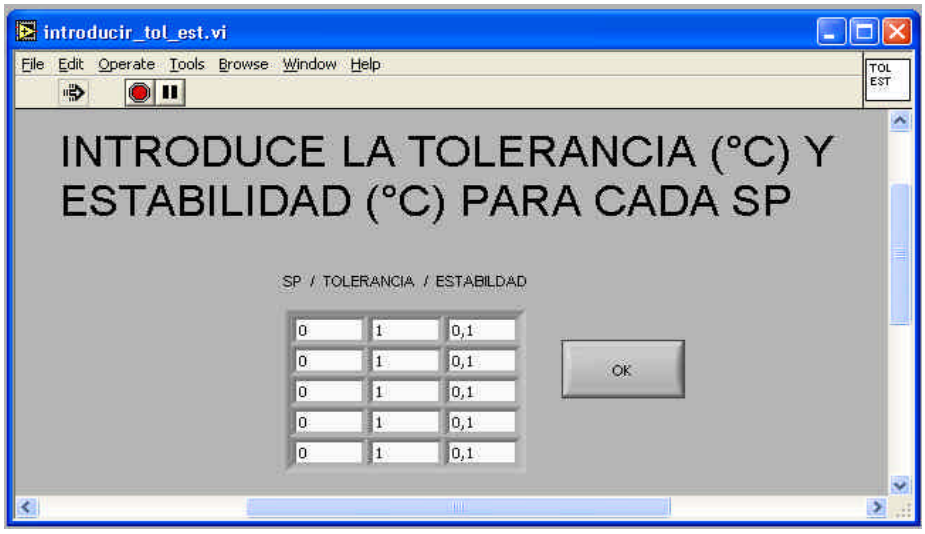
Escribir el rango de temperatura a la que se quiere calibrar las Pt100.

Escribir el Nº de Puntos en los que se quiere calibrar (**por defecto son 5, no es necesario cambiarlos**)
Pulsar **ENTER**

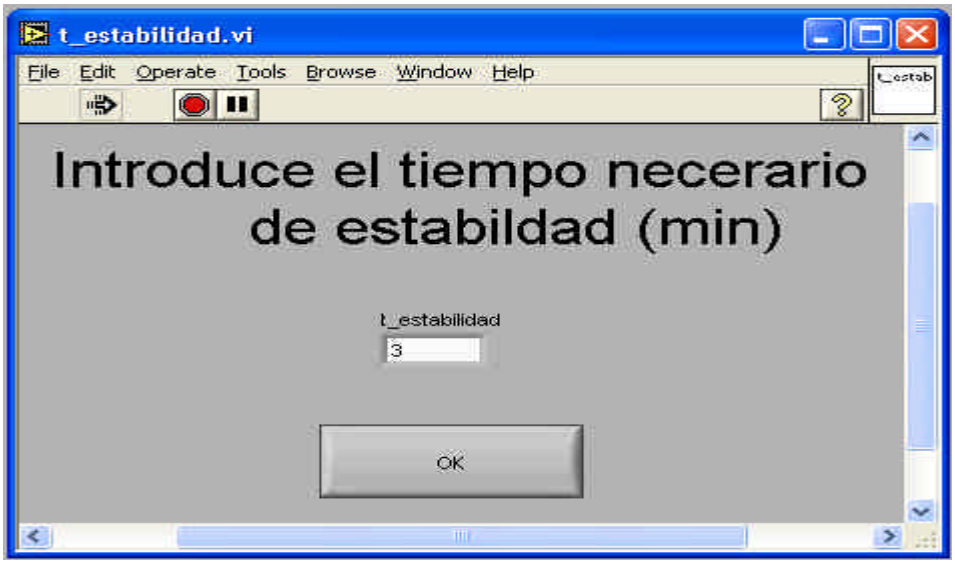
Si los SP no son los que se desean, CAMBIARLOS.
Pulsar **ENTER**



Si la Tolerancia y Estabilidad que hay por defecto no son los adecuados, sitúate sobre la casilla que quieras cambiar y modifícala.
Pulsar **ENTER**

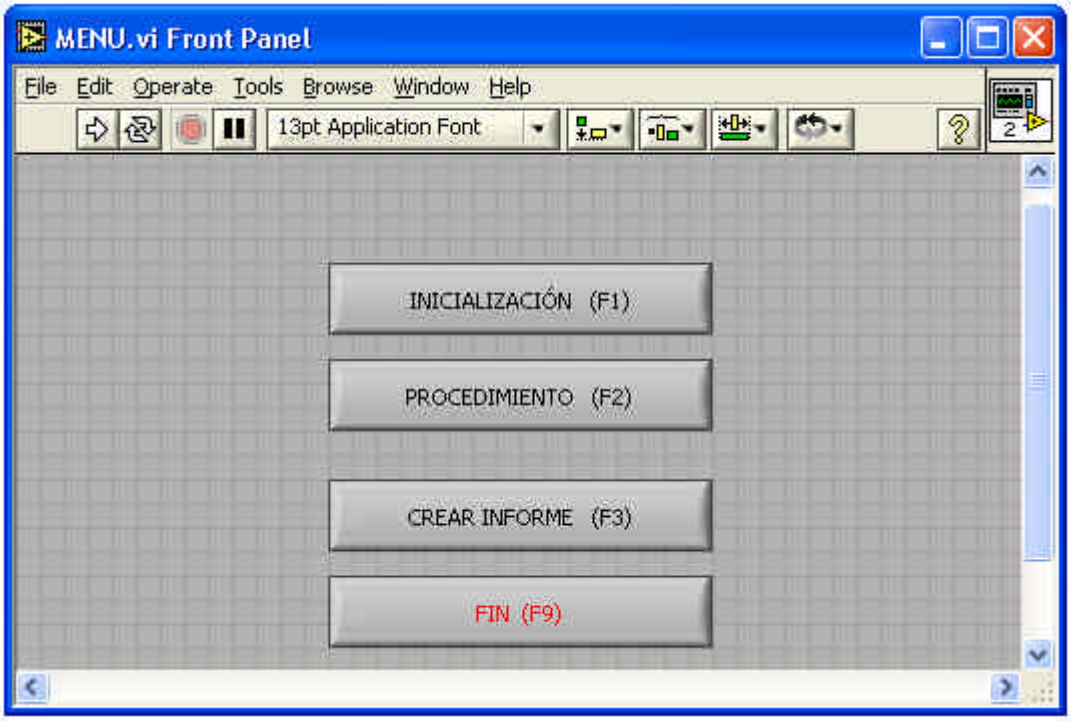


Introduce el tiempo necesario que quieres que sean estables las lecturas del Patrón.
Pulsar **ENTER**

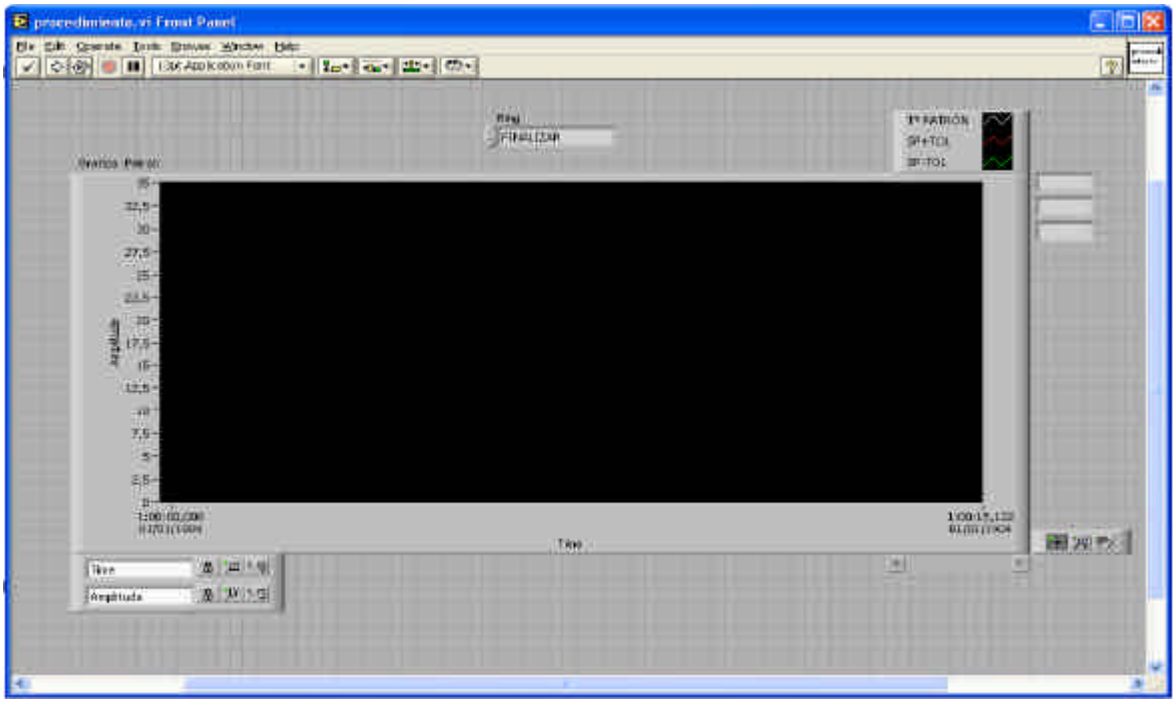


A continuación vuelve a salir la siguiente pantalla.

Si no quieres modificar ninguno de los parámetros antes introducidos **PULSA F2** y comenzará el proceso de calibración.



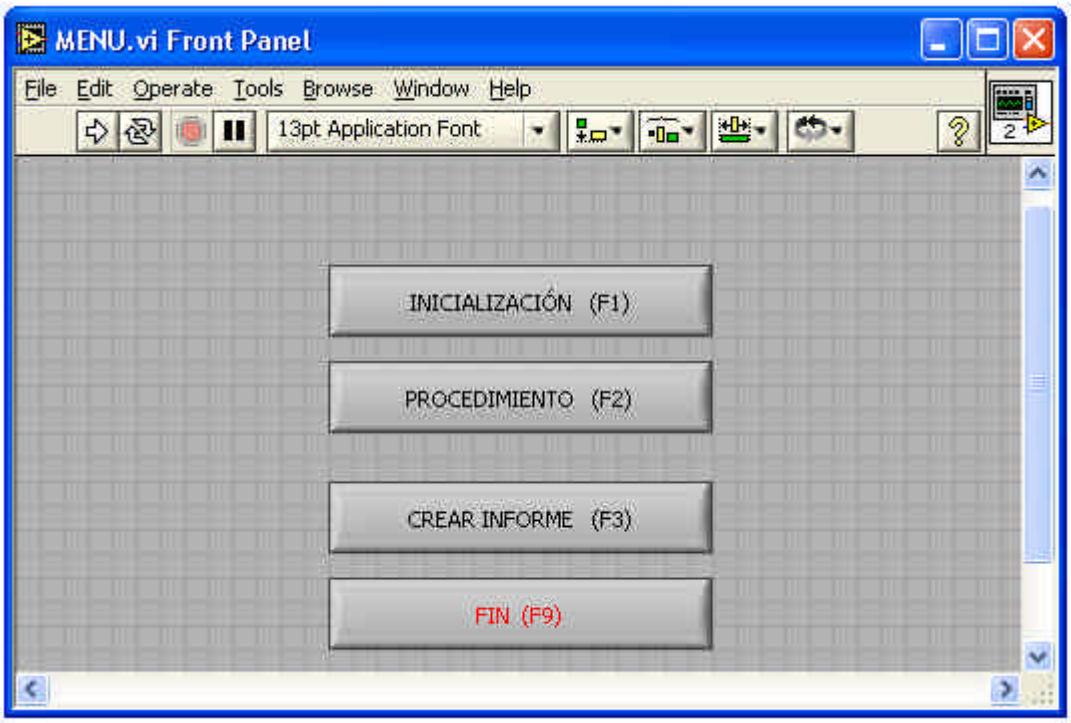
Durante el proceso de calibración se puede ver el siguiente gráfico, donde se observa el SP actual y los límites de tolerancia.



Puede darse el caso, si el rango a calibrar es superior a 150°C en que se haya de cambiar de baño.
Si esto ocurre aparecerá la siguiente advertencia:

Una vez que se haya cambiado de baño pulsar **ENTER**.

Cuando haya finalizado el proceso de calibración en todos los SP configurados aparece de nuevo esta pantalla:



PULSA **F3**

A continuación se crean unos informes en Word.

Cuando haya acabado PULSAR **F9**.

Imprimir los informes.

Rellenar los campos que quedan libres en el informe:

- Fecha próxima calibración (60 semanas).
- Rango.
- Clase.
- Clase asignada.
- Resultado de la prueba (Satisfactorio/Insatisfactorio)
- Observaciones.

En caso de no cumplirse la Tolerancia deberá reclasificarse el equipo. Para ello elegir el valor de más alta corrección, en valor absoluto, y asignarle una clase que cubra la Corrección/0,75 como margen de seguridad. Anotarlo en el Informe de Resultados.

4.3 FINALES

- Retirar los equipos de prueba utilizados.

- Etiquetar el EBP con su rango de trabajo y la clase asignada.

- Verificar que se han cumplimentado todos los datos del Informe de Resultados.

4.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA REALIZADA EL 3 DE AGOSTO DEL 2004

Se calibraron 3 Pt100. Los resultados se presentan en los siguientes informes.

1. -	**INFORME DE RESULTADOS**	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

CALIBRACIÓN TERMORRESISTENCIAS (PT100)

HORA COMIENZO: 10:18	HORA FINALIZACION: 13:00

INSTRUMENTOS DE MEDIDA		
Instrumento de prueba	Identificación	Fecha próxima calibración
	I - 3607 - UG	
	I - -	
	I - -	

RESULTADO DE LA PRUEBA			
SATISFACTORIO:		INSATISFACTORIO:	

OBSERVACIONES

REALIZADO	**COMPROBADO**	**APROBADO**
____/____/____	____/____/____	____/____/____

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5.1 DATOS DEL E.B.P.

RANGO:	CLASE:
FABRICANTE Y MODELO:	N/S:

5.2 CALIBRACIÓN

1er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	-10.03297		-10.22278	0.18981	1.00000

2º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	0.03680		-0.14060	0.17740	0.50000

3er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	50.08517		49.91187	0.17330	1.00000

4º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	100.01774		99.75830	0.25944	1.00000

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	200.71251		200.12521	0.58730	1.00000

VERIFICACIÓN TOLERANCIAS	SI	NO
|Corrección| ≤ Tolerancia en todos los puntos	XXXX	
CLASE ASIGNADA		

2. -	**INFORME DE RESULTADOS**	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

CALIBRACIÓN TERMORRESISTENCIAS (PT100)

HORA COMIENZO: 10:18	HORA FINALIZACION: 13:00

INSTRUMENTOS DE MEDIDA		
Instrumento de prueba	Identificación	Fecha próxima calibración
	I - 3608 - UG	
	I - -	
	I - -	

RESULTADO DE LA PRUEBA			
SATISFACTORIO:		INSATISFACTORIO:	

OBSERVACIONES

REALIZADO	**COMPROBADO**	**APROBADO**
____/____/____	____/____/____	____/____/____

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5.1 DATOS DEL E.B.P.

RANGO:	CLASE:
FABRICANTE Y MODELO:	N/S:

5.2 CALIBRACIÓN

1er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	-10.03297		-10.62991	0.59694	1.00000

2º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	0.03680		-0.60193	0.63873	0.50000

3er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	50.08517		49.04756	1.03761	1.00000

4º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	100.01774		97.19414	2.82360	1.00000

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	200.71251		181.96591	18.74660	1.00000

VERIFICACIÓN TOLERANCIAS	SI	NO
|Corrección| ≤ Tolerancia en todos los puntos		XXX
CLASE ASIGNADA		

3. -	**INFORME DE RESULTADOS**	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

CALIBRACIÓN TERMORRESISTENCIAS (PT100)

HORA COMIENZO: 10:18	HORA FINALIZACION: 13:00

INSTRUMENTOS DE MEDIDA		
Instrumento de prueba	Identificación	Fecha próxima calibración
	I - 3650 - UG	
	I - -	
	I - -	

RESULTADO DE LA PRUEBA			
SATISFACTORIO:		INSATISFACTORIO:	

OBSERVACIONES

REALIZADO	**COMPROBADO**	**APROBADO**
____/____/____	____/____/____	____/____/____

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5.1 DATOS DEL E.B.P.

RANGO:	CLASE:
FABRICANTE Y MODELO:	N/S:

5.2 CALIBRACIÓN

1er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	-10.03297		-10.04436	0.01139	1.00000

2º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	0.03680		0.04657	-0.00977	0.50000

3er punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	50.08517		50.16431	-0.07914	1.00000

4º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	100.01774		100.14091	-0.12317	1.00000

	INFORME DE RESULTADOS	ANEXO I
TAREA:	O.T. Nº:	EQUIPO:

5º punto	Tª patrón [°C]	R EBP [Ω]			
Lectura 1					
2					
3					
4					
5			Tª EBP [°C]	Correc. [°C]	Tol. [°C]
Media	200.71251		200.90358	-0.19107	1.00000

VERIFICACIÓN TOLERANCIAS	SI	NO
|Corrección| ≤ Tolerancia en todos los puntos	XXXX	
CLASE ASIGNADA		

Las tolerancias para las diferentes clases de los equipos bajo prueba para cada punto en el que se ha realizado la calibración se presentan en la siguiente tabla:

T	R	tol_T_A	tol_T_B	Tol_1/3 Clase B
-10	96,085879	0,17	0,35	0,11666667
0	100	0,15	0,3	0,1
50	119,397125	0,25	0,55	0,18333333
100	138,5055	0,35	0,8	0,26666667
200	175,856	0,55	1,3	0,43333333

El equipo I-3608-UG fue retirado de inmediato, ya que las correcciones que se le debían aplicar eran superiores a la tolerancia.

El equipo I-3607-UG fue reclasificado. Era de clase A y se pasó a B.

El equipo I-3650-UG que era de clase 1/3 Clase B y después de la calibración mantiene su clase.

4. ANEXOS